

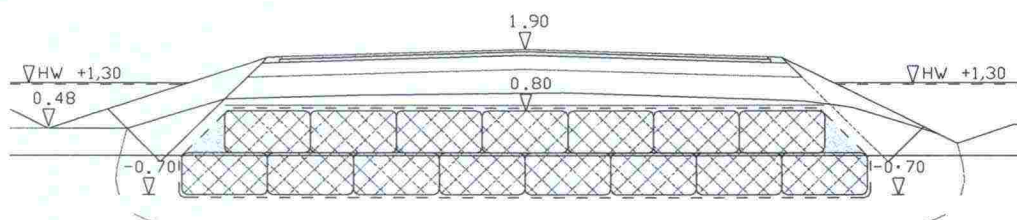
20040724



**TIEHALLINTO**  
Uudenmaan tiepiiri

## MT 170 ÖSTERSUNDOMIN TULVAPAIKAN RENGASKEVENNYS

### Esiselvitys



Helsinki 2003

1. Esiselvitys: MT 170 ÖSTERSUNDOMIN TULVAPAIKAN RENGASKEVENNYS
2. Ympäristöselvitys: RENGASPAALIT



**Tieliikelaitos**



08 TIEH/UUA

# Mt 170 Östersundomin tulvapaikan rengaskevennys

## Sisällysluettelo

### 1. Esiselvitys: MT 170 ÖSTERSUNDOMIN TULVAPAIKAN RENGASKEVENNYS

	sivu
1. Tiehallinto ja ympäristö	1
2. Esiselvityksen tausta ja tavoitteet	1
3. Rengaspaalirakenteen edut ja haitat	1
4. Tehdyt selvitykset ja mittaukset	2
5. Nykyisen tien rakennusvaiheet ja rakenteet	2
6. Rengaspaalikevennyksen mitoitus	3
7. Rengaspaalikevennyksen rakenne ja rakentaminen	5
8. Rengaspaalien laadunvarmistussuunnitelma	6
9. Rengaspaalien ympäristövaikutusten seurantaohjelma	6
10. Rengaspaalien teknisen toiminnan seurantaohjelma	6
11. Alustava kustannusarvio ja massat	7
12. Lisäselvitystä vaativat asiat	7

#### LIITTEET

- Painumamittausten tulos 1998-2003	9
- Mitoituslaskelmat, stabiliteetti, painumat, päällysrakenne	10-23
- <b>Ympäristövaikutusten seurantaohjelma</b>	24-26
- Suunnitelmakartat plv 4235-5336, 1:1000	R3/1-2
- Pituusleikkaus plv 4300-5000, 1:1000/1:100	R3/3
- Rakennepoikkileikkaukset pl 4530, 4760 ja 4840, 1:100	R3/4-6

### 2. Ympäristöselvitys: RENGASPAALIT

1. Taustaa	1
2. Yleistä renkaista ja niiden käytöstä	1
3. Ulkomaiset yhteydet	2
4. Tekniset tiedot	2
5. Ympäristöominaisuudet	4
5.1. Yleistä	4
5.2. Laboratoriotestit	4
5.3. Ulkomaiset koekohteet	7
5.4. Kotimaiset koekohteet	9
5.5. Vertailukohteita	13
6. Koekohteen ympäristölliset ominaispiirteet	14
6.1. NATURA-alue	14
6.2. Pintavesi	14
6.3. Pohjavesi	14
7. Johtopäätökset	14
Viitteet	15

#### LIITTEET

- NATURA-aluekartta	17
- Valuma-aluekartta	18





## **Esiselvitys: MT 170 ÖSTERSUNDOMIN TULVAPAIKAN RENGASKEVENNYS**

### **1. Tiehallinto ja ympäristö**

Tiehallinto on vastuussa tieverkosta ja tieliikenteestä sekä osaltaan tienpidon ja liikenteen ympäristövaikutuksista Suomessa. Tiehallinto toimii taloudellisesti ja tehokkaasti tie- ja liikenneolojen kestävästä kehittämisestä. 2000-luvulla Tiehallinto on panostanut ympäristöasioiden hoitoon ennaltaehkäisemällä ympäristöongelmia ja yrittämällä lieventää jo aiheutuneiden haittojen vaikutuksia. Meluntorjuntaa on parannettu toteuttamalla meluvalleja useissa kohteissa ja pohjavesien suojeluun on keskitytty pohjavesisuojaus- ja rakentamalla ja tiesuolan käytön määrää vähentämällä. Tiehallinto on ollut toteuttamassa useita koerakennehankkeita, joista on saatu kustannus-, materiaali- ja tien ylläpitokäytöstä. Kierrätysmateriaalien käytöstä on Tiehallinnolla vankka kokemus tuhka-, kuona-, betonimurske- ja rengasrouherakenteiden kautta.

### **2. Esiselvityksen tausta ja tavoitteet**

Östersundomin tulvapaikan kohdalla mt 170 on rakennettu maanvaraisesti heikosti kantavan pohjamaan varaan lähes merenpinnan tasoon. Tie kulkee meren rannassa ja se on painunut tulvarajan alapuolelle siten, että merivesi nousee usein tielle. Tie on alimmillaan tasossa +0,90 ja meriveden ylivesi on tasossa +1,3.

Työn tavoitteena on ollut selvittää, voidaanko käytettyjä autonrenkaita käyttää pengerkevennyksenä tulvapaikalla päätien osalta. Rengasrouheelle ei ole saatu ympäristölupaa päätien osalta, koska lupaehdoissa (16.11.1999) kielletään rengasrouheen sijoittaminen vedenpinnan alapuolelle.

Tämän työn yhteydessä on selvitetty paalattujen kokonaisten renkaiden käyttöä kevennyksenä, koska kokonaiset renkaat ovat ympäristön kannalta parempia, ja niille on mahdollista saada ympäristölupa myös vedenpinnan alapuolelle. Rengaskevennyksellä pyritään merkittäviin kustannussäästöihin, yhteensä noin 0,8 M€. Käytettyjen renkaiden määrä Östersundomin kohteessa tulee olemaan noin 6900 m<sup>3</sup> eli 4000-4500 tonnia.

### **3. Rengaspaalirakenteen edut ja haitat**

Rengaspaalirakenteella on monia etuja verrattuna esimerkiksi kevytsora- tai rengasrouhekevennykseen:

- Materiaali on hinnaltaan edullista.
- Materiaalin tilavuuspaino on 6,0-6,5 kN/m<sup>3</sup>, joten se soveltuu kevennysmateriaaliksi tiepenkereeseen tai meluvalliin. Tilavuuspainoa voidaan tarvittaessa säätää kevyemmäksi tekemällä löyhempiä paaleja esim. meluvalleja varten.
- Ympäristön kannalta materiaalista aiheutuu vähemmän päästöjä kuin rengasrouheesta, koska metallikudokset pysyvät renkaan sisällä kumin suojaamina.
- Tiukkaan pakattuna materiaali tiivistyy rakennettaessa vähemmän kuin esim. rengasrouhe tai irtonaiset kokonaiset renkaat.
- Runkoaines on hiukan vettä painavampaa, joten nosteongelmaa ei ole. Tällöin voidaan tulvapaikoilla käyttää paksua kevennystä ja korvata jopa paalulaattarakenne.
- Materiaali ei ime vettä, tehokas tilavuuspaino  $\gamma'$  pysyvästi vedenpinnan alapuolella on 1 kN/m<sup>3</sup>.
- Blokkimainen paalirakenne holvautuu hyvin paaluhattujen päälle, joten se soveltuu hyvin vanhojen puupaalurakenteiden korjauksiin, joissa on myös kevennystarvetta.

Rengaspaalirakenteen haittoina verrattuna esim. rengasrouherakenteeseen voidaan pitää seuraavia seikkoja, jotka vaativat vielä lisäselvitystä koerakentamisen yhteydessä:

- Yhtenäisen rakenteen muodostaminen paaleista vaatii lujitteiden käyttöä tai paalien sitomista toisiinsa.
- Kevennyksen muotoilu on jäykempää kuin rouheella. Kiiloissa joudutaan käyttämään tarvittaessa rengasrouhetta tai kevytsoraa.
- Rakentamisen yhteydessä paalit joudutaan asentamaan paikoilleen yksitellen.

#### 4. Tehdyt selvitykset ja mittaukset

Työn yhteydessä on tehty selvitys rengaspaalien ympäristökelpoisuudesta (osa 2). Lisäksi on mitoitettu rengaspaalirakenne Östersundomin tulvapaikalle ja laadittu alustavat rakennekuvat.

Työn aikana hanketta on esitelty Uudenmaan ympäristökeskuksen ja Sipoon kunnan ympäristöviranomaisille ja heiltä saadun myönteisen palautteen johdosta hanketta on viety eteenpäin.

Tien korkeustaso on mitattu syksyllä 2003 ja sen perusteella on arvioitu tien painumisnopeutta viimevuosina vertaamalla tuloksia aikaisempiin mittaustuloksiin vuodelta 1998 (liite).

Ympäristöselvityksen tekemiseksi otti Tieliikelaitos yhteyttä ulkomaisiin renkaiden käytön ja kierrätyksen asiantuntijoihin ja ammattilaisiin kuullakseen heidän kokemuksiaan. Yhteyttä otettiin seuraaviin henkilöihin:

- Dennis Scott, Northern Tyre, Iso-Britannia (Skotlanti)
- Prof. Dana Humphrey, University of Maine, USA
- Dr Ken Collins, University of Southampton, Iso-Britannia
- Michael K. Playdon, Columbus McKinnon Corporation, USA (Florida)
- Ron Munro, The Highland Council, Iso-Britannia (Skotlanti)

Mainitut henkilöt toimittivat kiitettävästi materiaalia ja Ron Munro vieraili Suomessa esittelemässä rengaspaalien käyttöä tierakenteissa. Lisäksi Suomesta oli ryhmä asiantuntijoita ja suunnittelijoita vastavierailulla Skotlannissa syksyllä 2003. Tällöin tutustuttiin renkaiden paalaukseen ja paaleilla toteutettuihin kohteisiin.

Työn yhteydessä on käynnistetty selvitys mahdollisuudesta hankkia renkaiden paalaus kone Suomeen L&T OY:n toimesta. Koneen hankkiminen on edellytys paalattujen renkaiden käytölle Östersundomissa ja muissa kotimaisissa kohteissa.

#### 5. Nykyisen tien rakennusvaiheet ja rakenteet

Mt 170 on rakennettu 1930-luvulla 6 m leveänä lähes merenpinnan tasossa olevan pehmeikön yli. Tällöin tiepenger on mahdollisesti rakennettu jonkinlaista telalavaa käyttäen.

1960-luvulla tietä on parannettu ja levennetty noin 8 m levyiseksi. Tien rakenteessa on nykyisten tutkimusten perusteella todettu olevan betonilaatta, joka on todennäköisesti tehty tien rakentamisen yhteydessä päällysteeksi. Tien painumisen ja korotusten seurauksena laatta on nykyisin syvällä rakenteessa.

1979 laaditun parantamissuunnitelman mukaan on toteutettu tien tasauksen nosto tasolle +1,1 pahimmilla painumapaikoilla tasausmassan avulla sekä uusittu paalulla 4800 oleva rumpu betoniseksi putkirummuksi.

2003 on rakennettu kevyenliikenteen väylä tien vasemmalle puolelle. Pohjanvahvistuksena on käytetty teräspoimulevyarinaa, esikuormitusta ja rengasrouhekevennystä. Pl:lle 4547 rakennettu teräsputkisilta on perustettu syvästabiloinnin varaan.



Pehmeikön suuresta kokoonpuristuvuudesta ja alhaisesta leikkauslujuudesta johtuen päätien penger on ollut jatkuvassa painumisliikkeessä. Parantamis- ja korottamistoimenpiteet ovat olleet lyhytaikaisia, sillä pengerkuorman lisääntyessä painumat ovat kasvaneet. Painumien johdosta penkereen paksuus on suurimmillaan 3,5 m ja päällysteen paksuus yli 0,5 m. Rakenteiden paksuutta on tutkittu maatutkan ja porakonekairausten avulla rakennussuunnittelun yhteydessä vuonna 1998.

Tieosalla paalulla 4547 sijaitsee Kvarnbäckin silta, joka ylittää pienen vesistöuoman.

## 6. Rengaspaalikevennyksen mitoitus

### Tasausviivan korkeus

Tien tasausviivan korkeus on pidetty samana kuin vuoden 1999 rakennussuunnitelmassa, jolloin se on matalimmillaan tasossa +1,90 (ylivesi +1,30). Tällöin penkereelle jää painumavaraa 0,60 m tulvarajaan verrattuna. Tien korotustarve on tällä kohtaa suurimmillaan noin 1,0 m.

### Kevennyksen mitoitusperusteet

Paalirakenteen tilavuuspainoon vaikuttaa paalien tilavuuspainon lisäksi paalien väliin jäävän tyhjätilan määrä ja menettelytapa tyhjätilojen täytön osalta. Skotlannissa tehdyn selvityksen lähtötietojen perusteella on päädytty seuraaviin tilavuuspainoihin eri tilanteissa:

#### Lähtötiedot

Paalin koko	1,50 x 1,25 x 0,75 m <sup>3</sup>
Paalin paino	800 kg
Tiivistyminen 30 kPa kuormalla 6,5 %, 60 kPa kuormalla 10 %	

#### Arvio tilavuuspainosta, (pysyvä kuorma alle 30 kPa)

$\gamma$ 6,0 kN / m <sup>3</sup>	tyhjätilat tyhjiä
$\gamma$ 6,5 kN / m <sup>3</sup>	tyhjätiloissa kevytsoraa
$\gamma$ 7,0 kN / m <sup>3</sup>	tyhjätiloissa osin mursketta (vain ylimmässä kerroksessa)
$\gamma$ 8,5 kN / m <sup>3</sup>	tyhjätiloissa mursketta joka kerroksessa
$\gamma'$ 1,0 kN / m <sup>3</sup>	pysyvästi vedenpinnan alapuolella
$\gamma'$ 2,5 kN / m <sup>3</sup>	pysyvästi vedenpinnan alapuolella, tyhjätiloissa mursketta

Mitoituksessa rengaspaalirakenteen tilavuuspainona on käytetty 7 kN/m<sup>3</sup>, jolloin ylemmän kerroksen rengaspaalien tyhjätilat täytetään murskeella.

Kevennys on suunniteltu siten, että matalimmalla kohdalla, joka on myös eniten painunut kohta, tietä kevennetään rengaspaaleilla (h=1,5 m) ja kevytsoralla (h=0,8 m) siten, että kuormitus vähenee noin 10 kPa. Pengertä korotetaan tällä kohtaa 1,0 m ja painumavaraa jää 0,6 m tulvarajaan nähden.

Pl:lle 4547 rakennettavan teräsputkisillan molemmiin puolin pengertä kevennetään rengaspaaleilla (h=1,5 m) ja kevytsoralla (h= 1,0 m) siten, että kuormitus vähenee noin 16 kPa. Putkisilta perustetaan syvästabiloinnille alkuperäisen rakennussuunnitelman mukaisesti (1999). Alkuperäisessä rakennussuunnitelmassa esitetystä Styrox-kevennyksestä betonilaattoineen on luovuttu (kevennysvaikutus 20 kPa), koska sitä ei pidetä tarpeellisenä, vaan 16 kPa kevennystä pidetään riittävänä.

### Päällysrakenteen mitoitus

Päällysrakenteen mitoituksessa rengaspaalin E-moduulina on käytetty 1 MPa. Tähän arvoon on päädytty analysoimalla Skotlannissa tehtyjen kuormituskokeiden tuloksia.

Päällysrakenne on mitoitettu sekä Odemarkin menetelmällä että APAS-ohjelmalla huomioiden tien liikennemäärät ja liikenteen kasvu (liite). Mitoituksen mukaan vaadittava päällysrakennepaksuus on Odemarkin menetelmällä 1050 mm, Tällöin rengaspaalien yläpintaan vaaditaan teräsverkko, joka estää vaakasiirtymät. APAS-ohjelmalla (väsymisteoria) mitoittaen päällysrakenteen paksuudeksi saatiin 1030 mm käyttämällä rengaspaaleille moduulia  $E = 5$  MPa. Päällysrakennepaksuudeksi on valittu 1100 mm tien keskilinjalla ja 965 mm reunoilla, jolloin paalikevennys voidaan tehdä vaakasuoraksi (ajoradan sivukaltevuus 3 %). Päällysrakenteessa käytetään teräsverkkoa paalikevennyksen päällä.

Kevytsoraosuuksilla päällysrakenteen paksuutena käytetään 700 mm.

#### Penkereen stabiliteettilaskelmat

Stabiliteetin kannalta kriittisimmät kohdat ovat lopullisessa tilanteessa sillan tulopenkereet, missä pengerkorkeus on suurin (plv 4500-4600), sekä nykyisen penkereen alin kohta (pl 4820), missä pohjamaa on heikointa (leikkauslujuus 7-12 kPa).

Stabiliteettilaskelmat on tehty ohjelmalla "Tiepenkereen vakavuus". Niiden mukaan suunnitelman mukaista rengaspaalikevennystä käyttäen pl:lla 4530 lopullisen tilanteen varmuuskerroin on  $F=2,23$  ja pl:lla 4820 varmuuskerroin on  $F=1,70$ . Näin ollen varmuuskertoimet ovat riittävät ( $F>1,5$ ). Nykyisen penkereen stabiliteetti pl:lla 4820 on vain 1,37.

Työnaikaisessa tilanteessa kevyenliikenteen väylän stabiliteetti on kriittinen siinä vaiheessa, kun päätien kevennystä varten tehtävä kaivanto on auki. Vaikein tilanne on plv:llä 4800-4860, missä pohjamaa on heikointa ja kaivanto on syvin. Stabiliteettilaskelmien mukaan työnaikainen varmuuskerroin on vain  $F=1,13$  mikäli auki olevan kaivannon pituutta ei rajoiteta ja kaivanto pidetään kuivana. Mikäli kaivantoa ei kuivateta ja vettä on kaivannon pohjalla 0,5 m, on varmuuskerroin  $F=1,27$ . Vaadittu työnaikainen varmuuskerroin on  $F>1,3$ . Laskelmissa on edellytetty, että kaivannon kohdalla J-tiellä ei ole liikennettä eikä liikennekuormaa.

Rajoittamalla auki olevan kaivannon pituus 10 metriin, kasvaa työnaikainen varmuuskerroin oleellisesti ja riittävään varmuustasoon ( $F>1,3$ ) päästään, vaikka kaivanto pidettäisiin kuivana. Stabiliteettilaskelmat ovat liitteenä.

#### Painumalaskelmat

Luotettavien painumalaskentojen tekeminen tässä kohteessa on vaikeaa, koska penkereen korotusten määrää ja ajankohtaa ei tunneta tarkasti. Lisäksi alhaisesta stabiliteetista johtuen suuri osa painumista on ollut ja saattaa olla vieläkin sivusiirtymistä johtuvia ns. plastisia muodonmuutoksia (nykyinen penger  $F=1,37$ ).

Kohteesta on kuitenkin tehty ödometrikokeita pl:lta 4840 sekä penkereen alta että vierestä. Ödometrikokeiden tuloksissa ei ole suurta eroa penkereen alla ja vieressä. Siipikairausten perusteella pohjamaa on kuitenkin penkereen alla huomattavasti lujempaa (alla 10 kPa, vieressä 5 kPa).

Penkereen tämänhetkisen painumisnopeuden ja jäljellä olevan painuman arvioimiseksi on tehty painumalaskelma pl:lta 4820 käyttäen ödometrikokeista saatuja parametreja. Laskelma on tehty ohjelmalla "Tiepenkereen painuma" ja siinä penger on mallinnettu nykyisen muotoiseksi siten, että pengertä on 1,0 m maanpinnan yläpuolella ja 2,5 m maanpinnan alapuolella (yhteensä 3,5 m). Laskelman mukaan saatiin seuraavat tulokset:

Kokonaispainuma	960 mm (konsolidaatiopainuma, ei plastisia muodonm.)
Vuoteen 2003 mennessä	720 mm
Jäljellä yhteensä	240 mm
Seuraavien 10 vuoden aikana	40 mm
Seuraavien 30 vuoden aikana	100 mm



Laskelman tulos on viitteellinen, mutta sen perusteella voi päätellä, että suunniteltu rakenne pysyy joka tapauksessa kauan tulvarajan yläpuolella, vaikka painuma olisi huomattavasti laskettua suurempaakin. Plastisten painumien voidaan olettaa pysähtyvän, koska penkereen stabiliteetti saadaan riittävälle tasolle ( $F > 1,7$ ). Laskelmassa on oletettu, että pengerkuorma pysyy nykyisellään, vaikka se todellisuudessa kevenee 10 kPa.

Mittausten perusteella penger on painunut 1998-2003 viimeisten 5 vuoden aikana 20-100 mm. Mikäli penger jatkaa painumistaan kevennyksestä huolimatta nykyistä vauhtia, painuu se 30 vuodessa 120-600 mm (painumavaraa on 600 mm tulvarajaan).

## 7. Rengaspaalikevennyksen rakenne ja rakentaminen

### Kaivuutyöt

Viereen rakennetun kevyenliikenteen väylän stabiliteetin turvaamiseksi kaivantoa saa olla auki kriittisimmillä kohdilla vain 10 m matkalta ennen rengaspaalien asentamista ja päällysrakenteen tekoa (vrt. kohta stabiliteettilaskelmat). Kaivuutöiden yhteydessä joudutaan rikkomaan 1960-luvulla rakennettu betonilaatta.

### Rengaspaalirakenne

Rengaspaalit ( $1,5 \times 1,25 \times 0,75 \text{ m}^3$ ) ladotaan vierekkäin toisiinsa kiinni siten, että tyhjätilaa jää mahdollisimman vähän paalien väliin. Ylempi kerros ladotaan limittäin siten, että ylemmän kerroksen saumat tulevat eri kohtaan sekä pituus- että leveyssuunnassa. Ylemmän kerroksen tyhjätilat nurkkien ja saumojen kohdalla täytetään murskeella 0-30 mm. Murskeen paino on huomioitu paalirakenteen mitoituksessa käytettävässä tilavuuspainossa ( $7 \text{ kN/m}^3$ ).

Paalirakenne ympäröidään lujitekankaalla (Stabilenka 200), jonka tehtävänä on pitää paalirakenne yhtenäisenä ja estää tyhjätilojen täyttyminen hienoaineksella ja varmistaa samalla rakenteen keveyden säilyminen. Lujitekangas levitetään tien poikkisuuntaan ja kankaan päät limitetään 1,0 m. Kankaan leveyssuunnassa (tien pituussuunnassa) limitys on 0,5 m.

Lujitekankaan päälle päällysrakenteen alaosaan asennetaan teräsverkot  $d=7 \text{ mm}$ , silmäkoko 150 mm. Verkot asennetaan poikkisuunnassa kahdesta osasta siten, että kokonaisleveys on 10,5 m ja limitys keskellä 1,0 m (verkot  $2 \times 5,75 \text{ m}$ ). Verkkojen leveyssuunnassa (tien pituussuunnassa) limitys on 0,5 m.

Osalla tielinjaa, missä kevennystarve on suurempi, rengaspaalien päälle tehdään lisäksi kevytsorakevennys.

### Päällysrakenne

Päällysrakenne muodostuu seuraavista kerroksista:

AB	40 mm
ABK	60 mm
Kantava kerros	250 mm
Jakava kerros	750 mm (keskellä)
Yhteensä	1100 mm

Jakavan kerroksen alapinta tehdään vaakasuoraksi ja yläpintaan tehdään pinnan suuntaiset kallistukset (3 %).

### Kvarnbäckin silta paalulla 4547

Putkisilta perustetaan syvästabiloinnille alkuperäisen siltasuunnitelman mukaisesti. Tulopenkereet kevennetään rengaspaali/kevytsorarakenteella, jolloin kuormitus kevenee noin 14 kPa sillan molemmilla puolilla.

## 8. Rengaspaalien laadunvarmistussuunnitelma

Kierrätysrenkaat kerätään rengasliikkeistä, autokorjaamoista, huoltoasemilta sekä muista keräyspisteistä. Rengasliikkeillä on velvollisuus vastaanottaa kaikki käytöstä poistetut renkaat. Suurin osa renkaista tulee keräyspisteeseen useimmiten suoraan käytöstä eli auton alta. Koska lähivuosina on toteutettu useampia rengasrakenteita, ovat käytännössä kaikki kumulatiivisesti syntyneet, vanhat rengaskasat jo käytetty. Liikkeellä oleva rengasmateriaali on kokonaisuudessaan melko uutta. Rengaskierrätysjärjestelmän ohjeistuksessa sekä tuottajan (Suomen Rengaskierrätys Oy) ja rengasliikkeen välisessä sopimuksessa edellytetään, että kierrätykseen toimitetaan vain puhtaita renkaita.

Keräyspisteestä renkaat kerätään tietyin väliajoin alueterminaaleihin käsiteltäviksi. Renkaat lajitellaan käyttötarkoituksen mukaan, jatkokäsitellään, toimitetaan hyötykäyttöön tai varastoidaan odottamaan hyötykäyttöä. Varastointi tapahtuu kasoissa isoilla kentillä taivasalla. Renkaiden jatkokeräyksestä, lajittelusta, varastoinnista, tarvittavasta käsittelystä ja hyötykäyttöön toimittamisesta huolehtii Lassila & Tikanoja Oy.

Paalaus voidaan suorittaa joko alueterminaalissa tai työmaalla. Paalauksessa käytetään vain henkilöauton renkaita, jotka on lajiteltu tätä käyttötarkoitusta varten jo alueterminaaleissa. Paalaamisessa käsityön osuus on suuri eli paaliin tulevat renkaat nostetaan yksitellen paalaimeen. Tällöin kukin rengas käy läpi uuden silmämääräisen laatu tarkistuksen, jolloin öljyiset tai muuten paaliin kelpaamattomat likaiset renkaat voidaan tarvittaessa poistaa. Valmiita paaleja voidaan säilyttää taivasalla kunnes ne käytetään rakentamisessa.

## 9. Rengaspaalien ympäristövaikutusten seurantaohjelma

### Kevyenliikenteen väylän seurantaohjelma (rengasrouhe)

Kevyenliikenteenväylän rakentamisen yhteydessä on laadittu 25.11.1999 päivätty ympäristövaikutusten seurantaohjelma (Fundus Oy/Veli-Matti Uotinen). Se perustuu Sipoon kunnan lupaehtoihin (16.11.1999), joiden mukaan rakennuskohteesta ja sen välittömästä läheisyydestä seurataan pohja- ja pintavesien laatua ennen rakentamista, rakentamisen aikana ja vähintään 2 vuotta rakentamisen jälkeen.

Seurantaohjelman mukaisesti alueelle on asennettu ennen rakentamista pohjavesiputket pl:lle 4520, oik. 30 m ja pl:lle 4740 vas. 10 m (mitat jkp:n mittalinjasta). Lisäksi rengasrouhekevennyksen rakentamisen yhteydessä on asennettu tarkkailukaivot rengasrouherakenteeseen pl:lle 4440 ja 4740. Lisäksi vesinäytteitä on otettu Kvarnbäckin purosta.

### Päätien seurantaohjelma (rengaspaalit)

Päätien osalta on katsottu tarkoituksenmukaiseksi täydentää kevyenliikenteenväylän ohjelmaa ja jatkaa sitä vielä 2 vuoden jälkeenkin. Tällöin rengaspaalirakenteeseen asennetaan vastaavat tarkkailukaivot, kuin rengasrouherakenteessakin on (pl:lle 4460 ja 4760). Lisäksi asennetaan pohjavesiputki pl:lle 4760 oik. 10 m (päätien mittalinjasta).

Päätien osalta on laadittu erillinen ympäristöseurantaohjelma (liitteenä).

## 10. Rengaspaalien teknisen toiminnan seurantaohjelma

Rakenteen toimivuutta seurataan rakentamisen jälkeen mittaamalla tien painumia sekä kantavuutta. Painumamittaukset tehdään 20 metrin välein ajoradan molemmilta reunoilta maaliviivojen kohdilta. Kantavuusmittaukset tehdään 40 metrin välein pudotuspainolaitteella. Rakentamisen yhteydessä mittauksia tehdään myös levykuormituskokeina. Mittauksia kannattaa tehdä vähintään 3-5 vuoden ajan rakentamisen jälkeen. Tarkempi seurantaohjelma laaditaan rakennussuunnitelman teon yhteydessä.



## 11. Alustava kustannusarvio ja massat

Mt 170 parantaminen Östersundomin tulvapaikalla vaatii alustavasti seuraavat toimenpiteet massamäärineen ja kustannuksineen (alustava arvio):

	Määrä	Yksikkö	€/yksikkö	€
Vanhan sillan purkaminen	1	kpl	5000	5000
Rumpujen purku	1	kpl	200	200
Päällysteen poisto	5800	m <sup>2</sup>	1,5	8700
Betonilaatan purku	1200	tn	10	12000
Maaleikkaus, massat läjitykseen	11400	m <sup>3</sup> ktr	5	57000
Kevytsorapenger	2000	m <sup>3</sup> rtr	36	72000
Rengaspaalit	6900	m <sup>3</sup> rtr	20	138000
Mursketäyttö (rengaspaalit)	1000	m <sup>3</sup> rtr	15	15000
Lujitekangas	13800	m <sup>2</sup>	5	69000
Teräsverkko	6000	m <sup>2</sup>	10	60000
Suodatinkangas	3000	m <sup>2</sup>	1,5	4500
Jakava kerros	3600	m <sup>3</sup> rtr	10	36000
Kantava kerros	1300	m <sup>3</sup> rtr	15	19500
ABK	5000	m <sup>2</sup>	6	30000
AB	5000	m <sup>2</sup>	6	30000
Luiskatäyttö	1600	m <sup>3</sup>	3	4800
Nurmetus III luokka	3200	m <sup>2</sup>	1	3200
Syvästabilointi, d=700	1300	jm	10	13000
Rumpu d=1000 pl 4800	18	m	150	2700
Putkisilta d=2500 , alapit. 17675	1	kpl	55000	55000
Maantiekaide	112	m	30	3400
Tiementunnukset, maalatut	142	m <sup>2</sup>	6	900
Tievalaistus	1	kpl		?
Ympäristöseurannan mittaukset	5	v	1000	5000
Teknisen seurannan mittaukset	5	v	1000	5000
<b>YHTEENSÄ</b>				649 900
Yleiskustannukset	15 %			97 500
<b>Rakennuskustannukset yhteensä</b>				<b>747 400 €</b>

HUOM! Kustannusarvio ei sisällä valaistusta!

## 12. Lisäselvitystä vaativat asiat

Rengaspaalikevennys on uusi menetelmä, jota ei ole käytetty aikaisemmin Suomessa. Ensimmäiset kohteet tullaan toteuttamaan koerakenteina, joiden avulla pyritään saamaan tietoa rengaspaalirakenteiden suunnittelua ja rakentamista varten. Tällä hetkellä lisätietoa kaivataan mm seuraaviin asioihin:

### Suunnittelu ja mitoitus

- Rengaspaalin hinta
- Rengaspaalin tilavuuspaino rakenteessa (veden kerääntyminen, tyhjätilojen täyttö)
- Rengaspaalin E-moduuli (lähtötilanne ja muutos ajan myötä)
- Rengaspaalin tilavuuspainon säätömahdollisuus (esim. meluvalliin löyhempi paali)
- Eri tyyppisten sidelankojen kestoikä

Rakentaminen

- Rengaspaalien asennustekniikka (asettelu, tyhjätilojen määrä ja täyttö)
- Lujitteiden ja teräsverkkojen asennustekniikka (limitykset, lujitekankaan kireys)
- Vedenalainen asennus tarvittaessa
- Rengaspaalin hinta rakenteessa

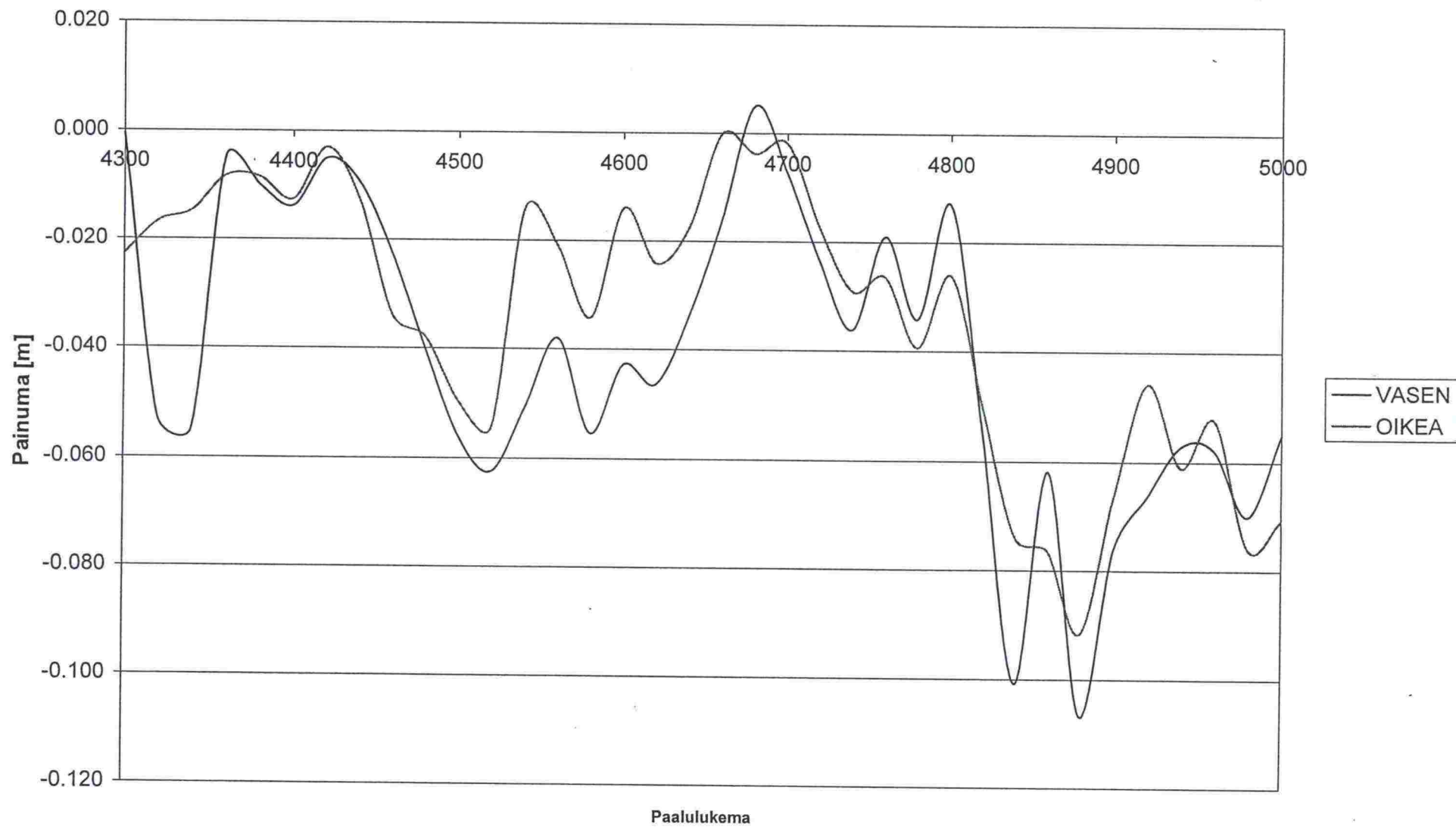
Ympäristökelpoisuus

- Rengaspaalien päästöt vedenpinnan alapuolelle sijoitettuna
- Renkaiden käyttäytyminen pitkällä aikavälillä

Lisätiedon saamiseksi tullaan ensimmäisten koekohteiden yhteydessä tekemään tutkimuksia, joissa edellä mainittuja asioita selvitetään.



MT 170 Painumaprofiili tien reunaviivoilla aikavälillä 1998-2003



# Mt 170 Östersundom

4820

## 1. NYKYTILANNE - mitoitusparametrit

Korotettu TSV +1.90

TSV ~ +1,00 Nykyinen tie

\*0.49

+0.86

2.87  
0.50

+0.20

pen gertäite

$m_1 = 9,0$   $m_2 = 9,0$   
 $\beta_1 = -0,15$   $\beta_2 = 0,66$

$m_1 = 14$   $m_2 = 50$   
 $\beta_1 = 0,2$   $\beta_2 = 0,6$

$m_1 = 11$   $m_2 = 50$   
 $\beta_1 = 0,2$   $\beta_2 = 0,6$

$m_1 = 10$   
 $\beta_1 = -0,2$

$m_1 = 9$   
 $\beta_1 = 0$

$m_1 = 11$   
 $\beta_1 = 0$

$C_v = 0,32$

$C_v = 0,15$

$pl = 4816,47$   
 $et = 5,15$

$pl = 4816,48$   
 $et = 16,48$

$pl = 4816,51$   
 $et = 28,15$

$pl = 4820,10$   
 $et = -1,92$

$pl = 4820,25$   
 $et = 15,31$

10(32)



v. 3.2 10.6.2001 (c) M. Smura

Tietoliikela

18.9.2003

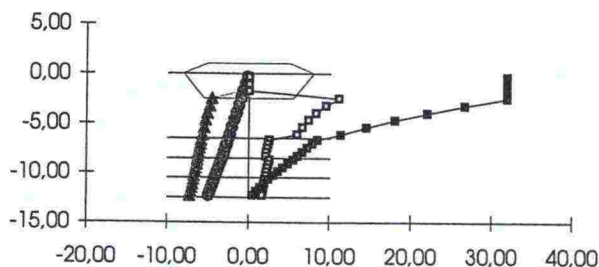
15:14

Laskija: MSm

## TIEPENKEREEN PAINUMA

Otsikkotiedot:

## Laskentapoikkileikkaus



Mt 170 Östersundomin tulvapaikka, PL 4820

Lähtöarvot: (valkeat ruudut)

Maanpinnan kaltevuus M:10	M	0		
Penkereen yläpinnan leveys	B	10		m
Penkereen tilavuuspaino	$\gamma$	20		kN/m <sup>3</sup>
Tasainen pintakuorma	0	kPa	vasen	oikea
Pengerkorkeus	H	1	1	m
Luisakalitevuus 1:N	N	3	3	
Pohjavesipinnan etäisyys	hw	0	0	m

POHJANVAHVISTUS

VASTAPENGER

KEVENNYS

kevennyksen luisakalitev:

korkeus:	vas.	olk.	leveys:	vas.	olk.
	0	0		0	0
paksuus:	3,50	3,50	pääll.rak	0	0
	3	3	$\gamma$	20	10

MAAKERROKSET

w%-menetelmä

0/1

1

TANGENTTIMODULI-MENETELMÄ

(m -  $\beta$ )

0/1

1

TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT									
TÄRKEÄTIEDOT										TÄRKEÄTIEDOT										T									

KARKEA PAINUMA-ARVIO (W%-menetelmä)

mm

911

1031

911

KOKONAISPAINUMA

(m -  $\beta$ )

mm

859

957

859

LASKENNAN TULOS

Pengerkuorma

Kokonaispainuma

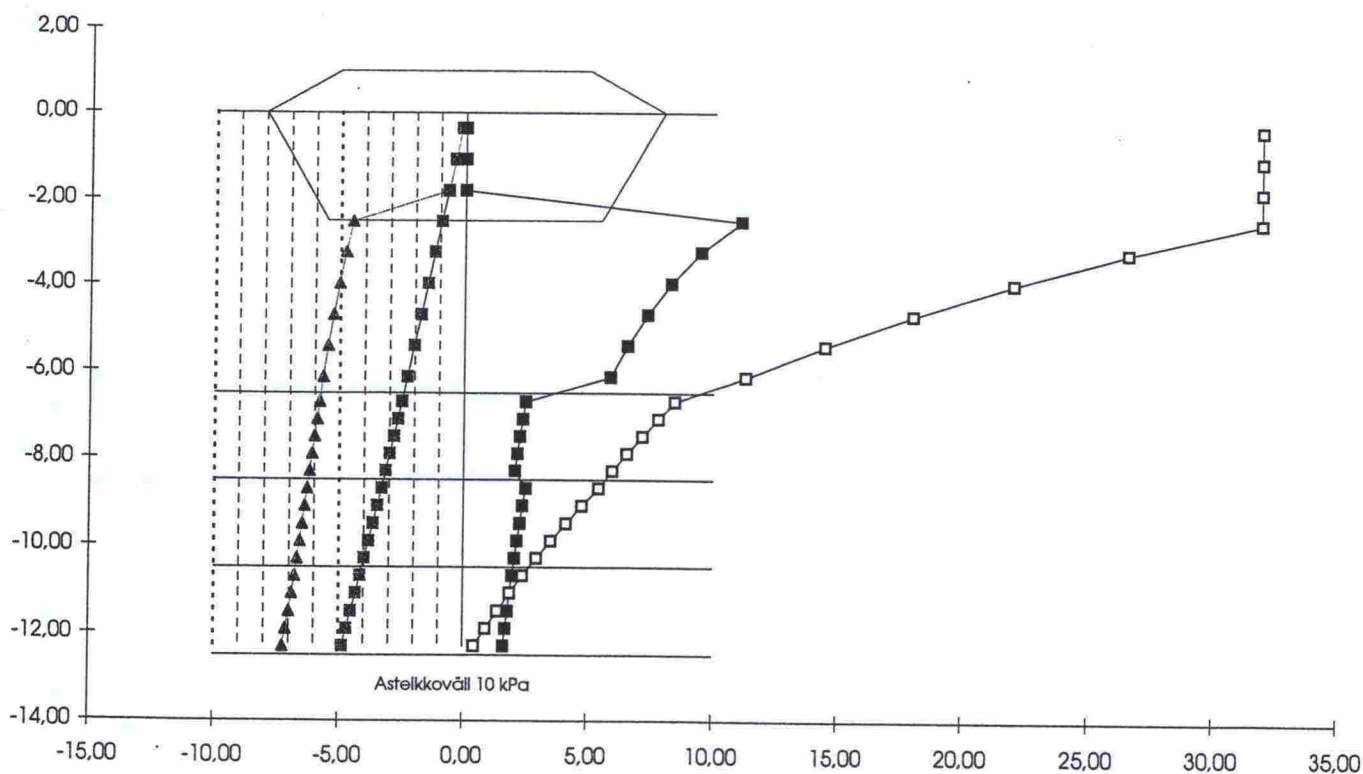
Sivukaltevuuden muutos

	vas	KL	olk
Kpa	35,7	35,7	35,7
mm	859	957	859
%	1,9		1,9

100 mm = tavoitepainuma

R=Reset-painike (palauttaa laskenta-automaatiikan)

## Laskentapoikkileikkaus



Astelikkoväli 10 kPa

Penger

Vastapenger

Kevennys

----- Vesipinta

—●— Po

v. 3.0 10.10.1994(c) A.Honkala

Tielikelaitos

25.9.03

14:47

Laskija:

NN

## TIEPENKEREEN PAINUMANOPEUS

Otsikkotiedot:

Mt 170 Östersundomin tulvapaikka, PL 4820

## Maakerrokset

	d(keskil.) m	Syvyys m	painuma mm	w% (%)	Kc	Cv m <sup>2</sup> /v
Kerros 1	6,50	6,50	703	130	0,85	0,17
Kerros 2	2,00	8,50	91	120	0,85	0,18
Kerros 3	2,00	10,50	91	110	0,85	0,20
Kerros 4	2,00	12,50	72	100	0,85	0,23
Kokonaispainuma			957	Painotettu Cv		0,18

## Muodonmuutoskuvion estimointi

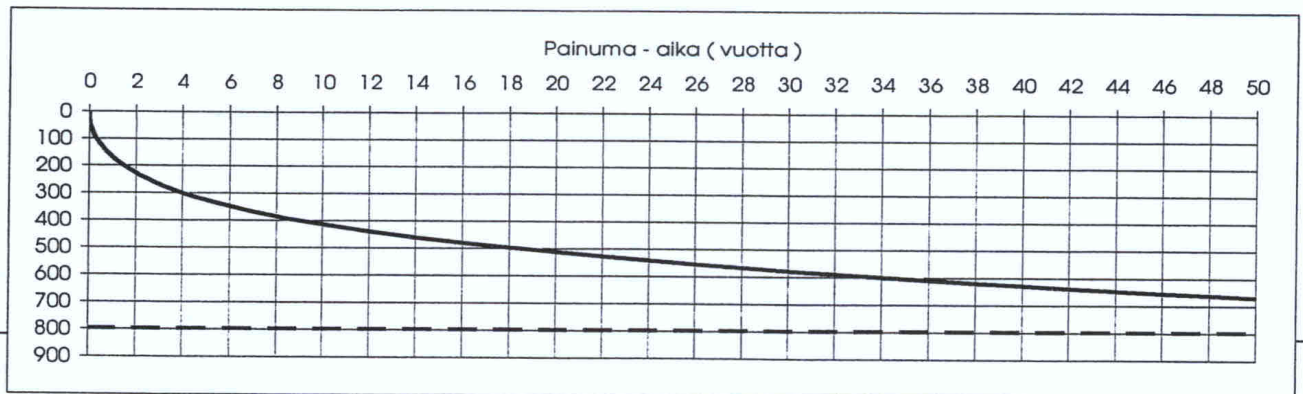
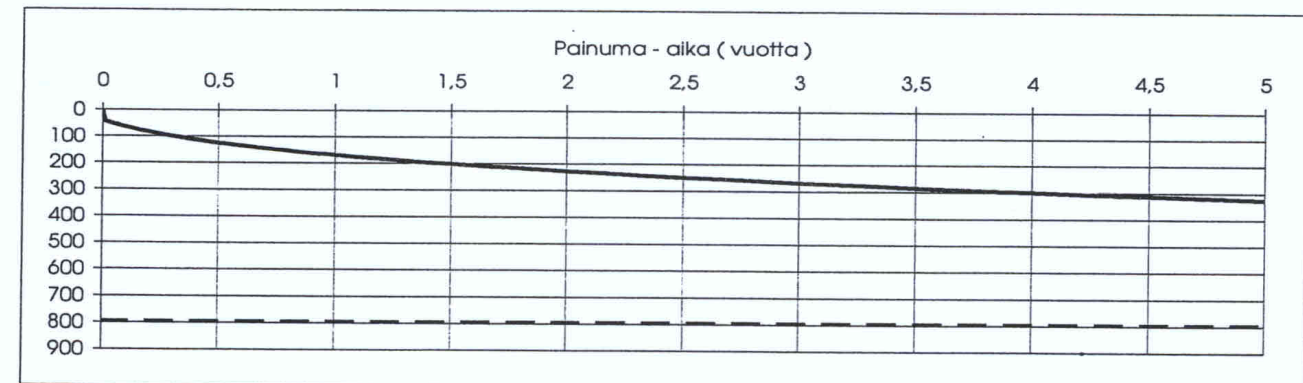
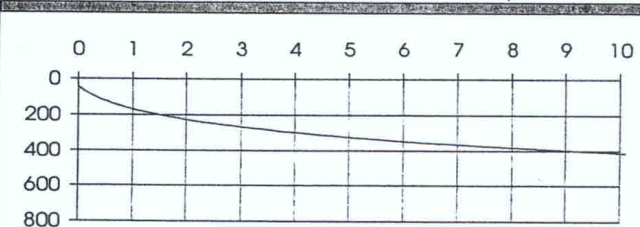
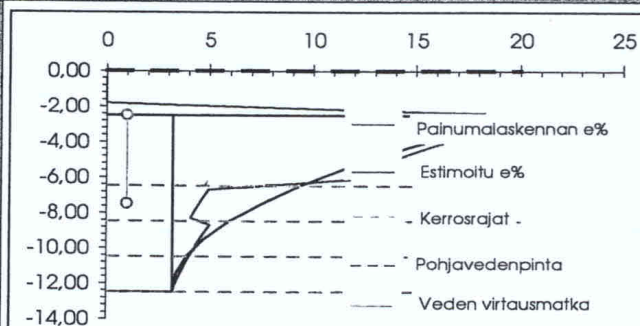
Aloitussyvyys	2,5	Lopetussyvyys	12,50
Muodonmuutoskuviot			
suorakulmio		kolmio	paraabeli
syvyys	e%	syvyys	e%
2,5	3,20	2,5	0,00
12,5	3,20	12,50	0,00
2,5	20,19	12,50	3,20
painuma	320	0	566
Painumalaskennan painuma			957
Painumien erotus			70

## Veden virtausmatka H

Virtaus yhteen/kahteen suuntaan 0/1	1
Virtausmatka	5

Aika		Konsolidaatioaste		Painuma
vuotta	kk		U%	mm
40,0	480,0		71	628

R = reset (Palauttaa ohjelman alkuperäiset asetukset)





v. 3.0 10.10.1994(c) A.Honkala

Tieliikelaitos

25.9.03

14:50

Laskija:

NN

## TIEPENKEREEN PAINUMANOPEUS

Otsikkotiedot:

Mt 170 Östersundomin tulvapaikka, PL 4820

## Maakerrokset

	d(keskil.) m	Syvyys m	painuma mm	w% (%)	Kc	Cv m <sup>2</sup> /v
Kerros 1	6,50	6,50	703	130	0,85	0,17
Kerros 2	2,00	8,50	91	120	0,85	0,18
Kerros 3	2,00	10,50	91	110	0,85	0,20
Kerros 4	2,00	12,50	72	100	0,85	0,23
Kokonaispainuma			957	Painotettu Cv		0,18

## Muodonmuutoskuvion estimointi

Aloitussyvyys 2,5 Lopetussyvyys 12,50

## Muodonmuutoskuviot

suorakulmio		kolmio		paraabeli		
syvyys	e%	syvyys	e%	syvyys	e%	
2,5	3,20	2,5	0,00	2,5	20,19	
12,5	3,20	12,50	0,00	12,50	3,20	
painuma	320	0		566	886	
		Painumalaskennan painuma				957
		Painumien erotus				70

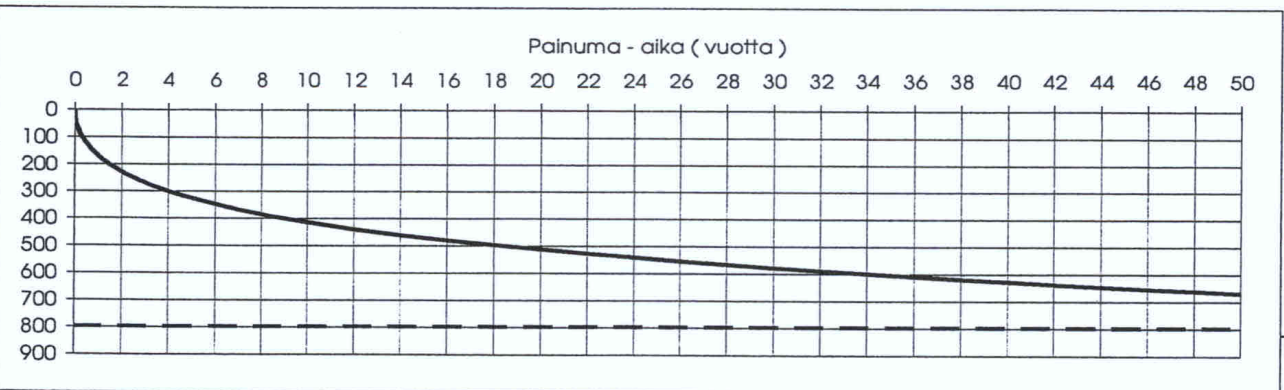
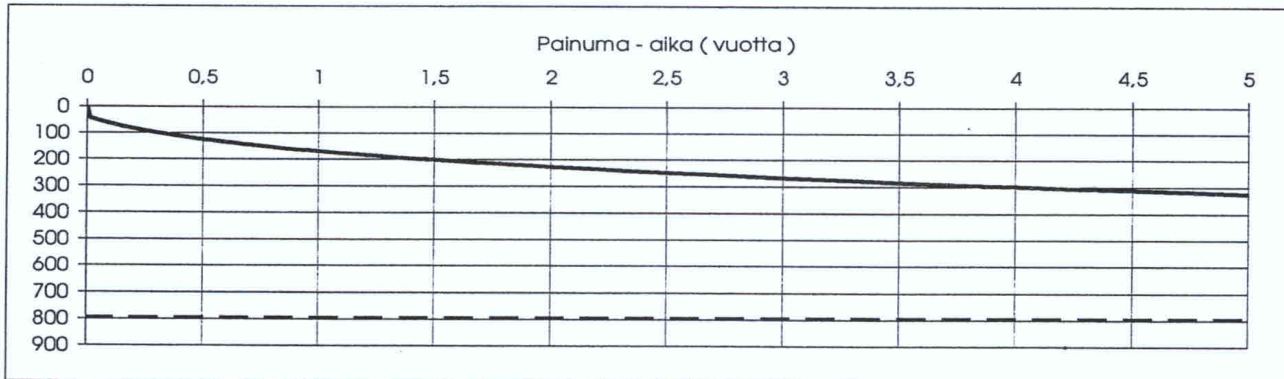
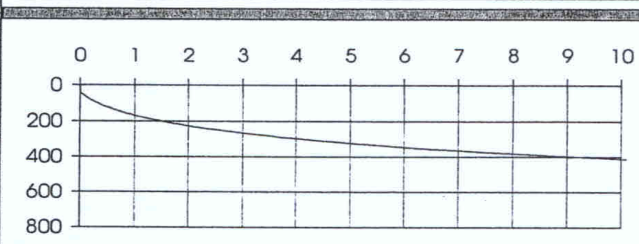
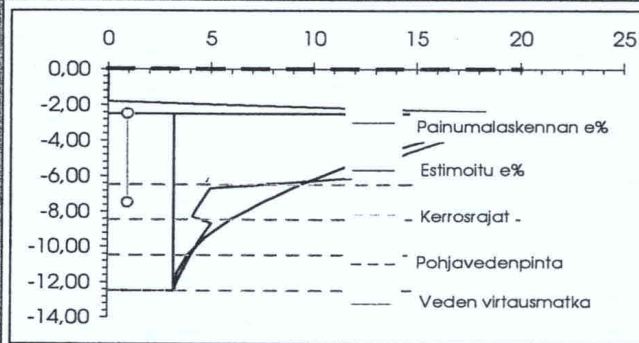
## Veden virtausmatka H

Virtaus yhteen/kahteen suuntaan 0/1

Virtausmatka

Aika		Konsolidaatioaste		Painuma	
vuotta	kk		U%		mm
50,0	600,0		76		669

R = reset (Palauttaa ohjelman alkuperäiset asetukset)



v. 3.0 10.10.1994(c) A.Honkala

Tieliikelaitos

25.9.03

14:49

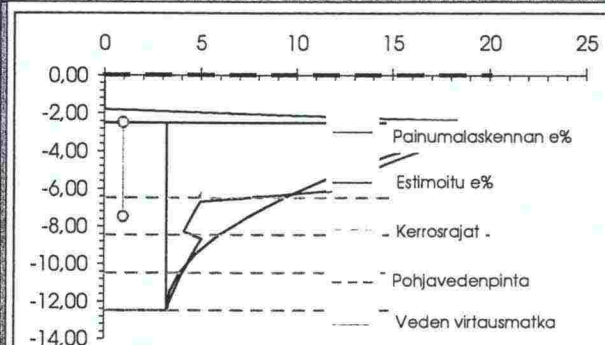
Laskija:

NN

## TIEPENKEREEN PAINUMANOPEUS

Otsikkotiedot:

Mt 170 Östersundomin tulvapaikka, PL 4820



## Maakerrokset

	d(keskil.) m	Syvyys m	painuma mm	w% (%)	Kc	Cv m <sup>2</sup> /v
Kerros 1	6,50	6,50	703	130	0,85	0,17
Kerros 2	2,00	8,50	91	120	0,85	0,18
Kerros 3	2,00	10,50	91	110	0,85	0,20
Kerros 4	2,00	12,50	72	100	0,85	0,23
Kokonaispainuma			957		Painotettu Cv	0,18

## Muodonmuutoskuvion estimointi

Aloitussyvyys 2,5 Lopetussyvyys 12,50

## Muodonmuutoskuviot

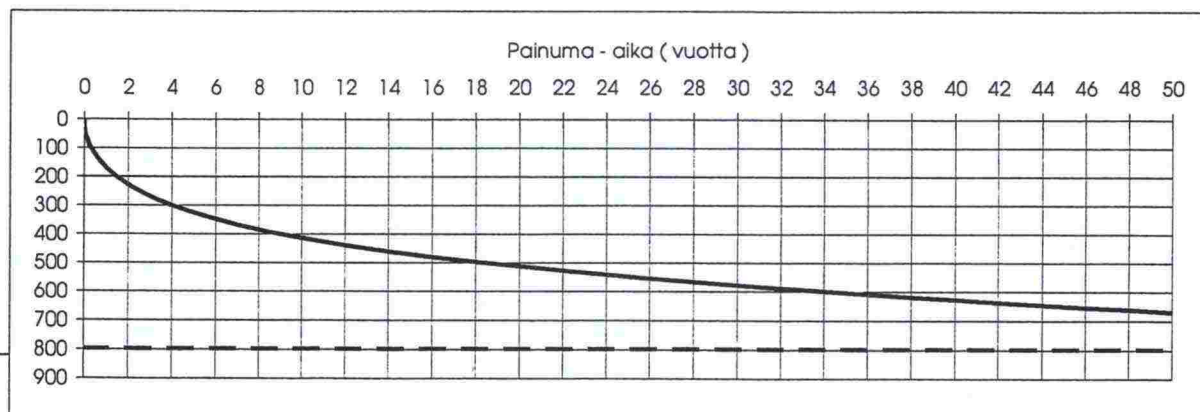
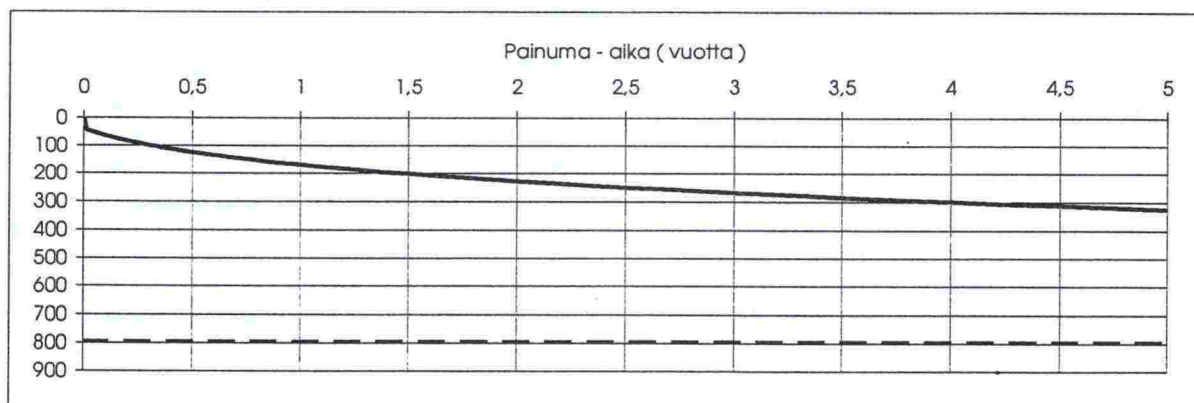
suorakulmio		kolmio		paraabeli		
syvyys	e%	syvyys	e%	syvyys	e%	
2,5	3,20	2,5	0,00	2,5	20,19	
12,5	3,20	12,50	0,00	12,50	3,20	
painuma	320		0		566	886
		Painumalaskennan painuma				957
		Painumien erotus				70

## Veden virtausmatka H

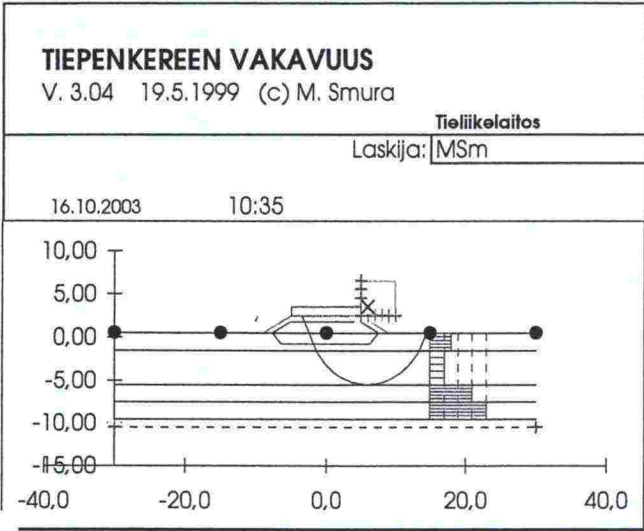
Virtaus yhteen/kahteen suuntaan 0/1	1
Virtausmatka	5

Aika		Konsolidaatioaste		Painuma
vuotta	kk		U%	mm
70,0	840,0		83	734

R = reset (Palauttaa ohjelman alkuperäiset asetukset)







Lähtöarvot: (valkeat ruudut, harmaat tarvittaessa)

Hanke:	Mt 170 Östersundom, PL 4530				
Maanpinnan kaltevuus M:10	M	0		m	
Penkereen leveys	B	10			
Pengerkorkeus	H	Vas	Oik	m	
Luiskakaltevuus 1:N	N	2	2		
Penkereen tilavuuspaino	$\gamma$	20		kN/m <sup>3</sup>	
Penkereen kitkakulma	$\phi$	30	X1	X2	
Liikennekuorma kPa	q	10	-5	5	

X	-30,0	-15,0	0,0	15,0	30,0			
Maanpinta Y	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	w %	$\gamma$	Cu
Kerros 1 d	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	60	16,4	15
Kerros 2 d	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	100	14,5	10
Kerros 3 d	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	30
Kerros 4 d	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	40
Ulkoinen vesipinta	Y	-10,5						

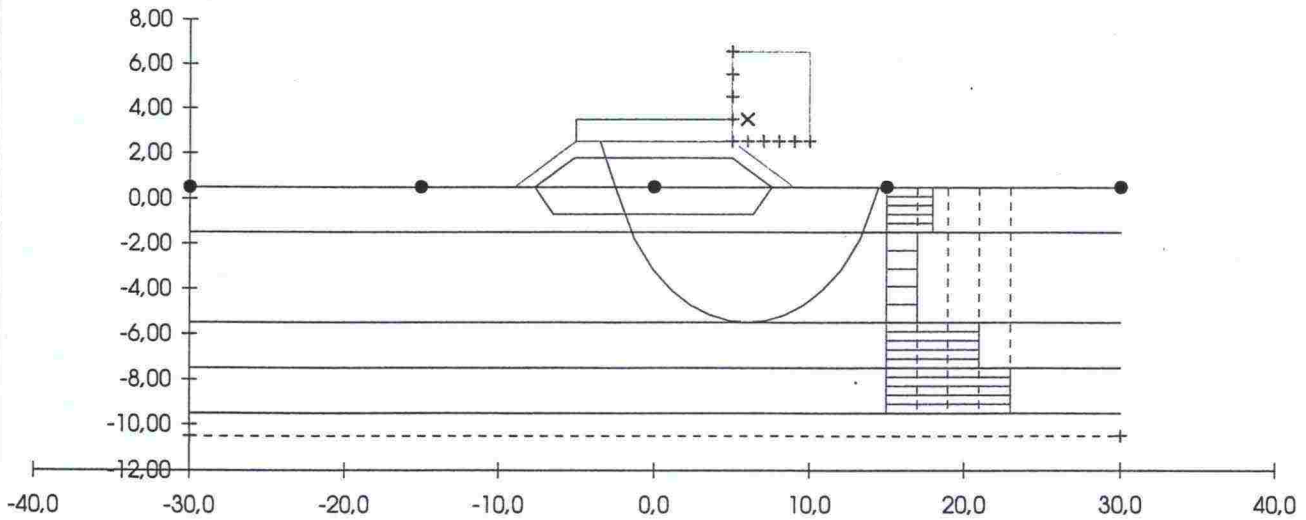
Laskentakerros		N:o		2
Laskentasyyvyys		%		100
Laskentapuoli		vas/oik = 0/1		1
	X	Y	dx	dy
Hila 5x6	5,0	2,5	1,0	1,0

VASTAPENGER		Vas	Oik	
Vastapengerin korkeus	h	0	0	m
leveys	b	0	0	m
luiskakaltevuus	n	0	0	
yläpinnan kaltevuus	m	0	0	
tilavuuspaino	$\gamma$	18		kN/m <sup>3</sup>

VAARALLISIN LIUKUPINTA		X	Y	R
VARMUUSKERROIN F=	2,42	6,0	3,5	9,0

KEVENNYS	Vas	Kesk	Oik	
Kevennyksen paksuus	h	2,5	2,5	2,5
Kevennyksen leveys	b	5		5
Päällysrakenteen paksuus	k	0,7	0,7	0,7
Kevennyksen luiskakaltevuus	n	2		2
Kevennysmateriaalin tilav.paino	$\gamma$	7		kN/m <sup>3</sup>
Kevennysmateriaalin kitkakulma	$\phi$	36		ast

Laskentapoikkileikkaus



**TIEPENKEREEN VAKAVUUS**

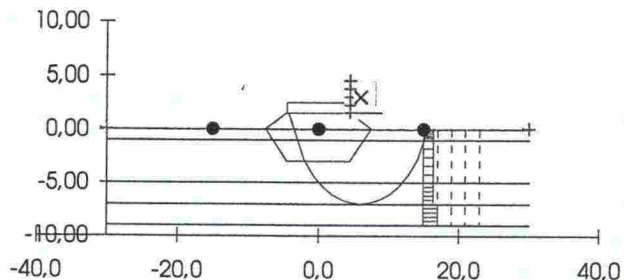
V. 3.04 19.5.1999 (c) M. Smura

Tielikeläitos

Laskija: MSm

18.9.2003

15:39



Laskentakerros	N:o			3
Laskentasyvyys	%			100
Laskentapuoli	vas/oik = 0/1			1
	X	Y	dx	dy
Hila 5x6	4,5	1,5	0,8	0,8

Lähtöarvot: (valkeat ruudut, harmaat tarvittaessa)

Hanke: Mt 170 Östersundomin tulvapaikka, PL 4820

Maanpinnan kaltevuus M:10	M	0		m
Penkereen leveys	B	9		
Pengerkorkeus	H	1,5	1,5	m
Luisakaltevuus 1:N	N	2	2	
Penkereen tilavuuspaino	$\gamma$	20		kN/m <sup>3</sup>
Penkereen kitkakulma	$\phi$	30	X1	X2
Liikennekuorma kPa	q	10	-4,5	4,5

X	-30,0	-15,0	0,0	15,0	30,0			
Maanpinta Y	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	w %	$\gamma$	Cu
Kerros 1 d	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	60	16,4	7
Kerros 2 d	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	100	14,5	7
Kerros 3 d	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	7
Kerros 4 d	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	10
Ulkoinen vesipinta	Y	0,0						

VASTAPENGER		Vas	Oik	
Vastapengerin korkeus	h	0	0	m
leveys	b	0	0	m
luisakaltevuus	n	0	0	
yläpinnan kaltevuus	m	0	0	
tilavuuspaino	$\gamma$	18		kN/m <sup>3</sup>

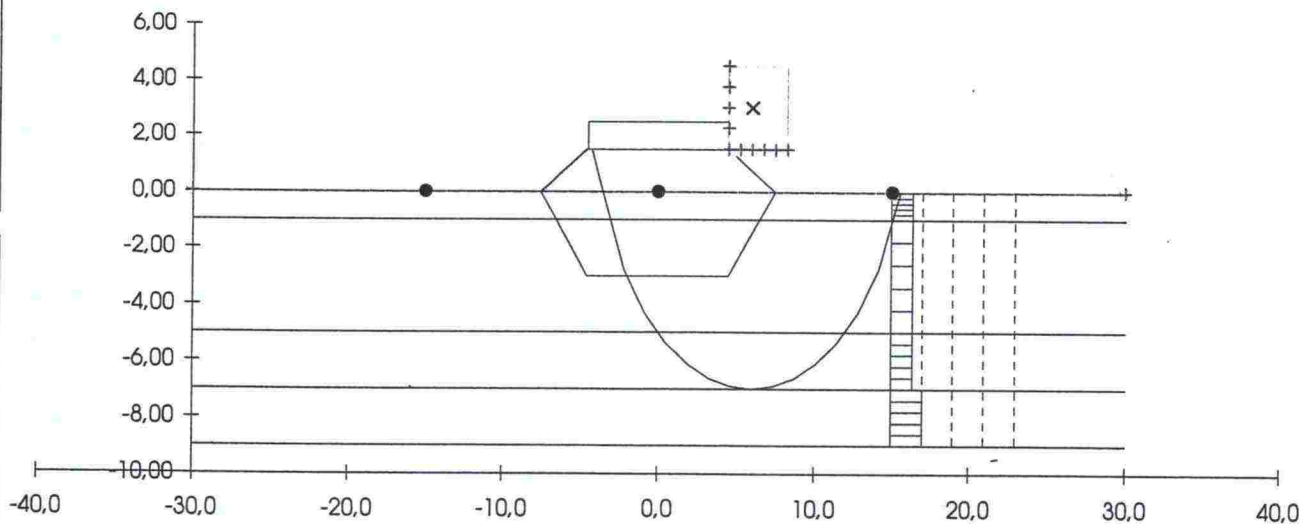
VAARALLISIN LIUKUPINTA

X Y R

VARMUUSKERROIN F= 1,70 6,0 3,0 10,0

KEVENNYS

	Vas	Kesk	Oik	
Kevennyksen paksuus	h	4,5	4,5	
Kevennyksen leveys	b	4,5	4,5	m
Päällysrakenteen paksuus	k	0	0	m
Kevennyksen luisakaltevuus	n	2	2	
Kevennysmateriaalin tilav.paino	$\gamma$	16		kN/m <sup>3</sup>
Kevennysmateriaalin kitkakulma	$\phi$	30		ast

**Laskentapoikkileikkaus**



**TIEPENKEREEN VAKAVUUS**

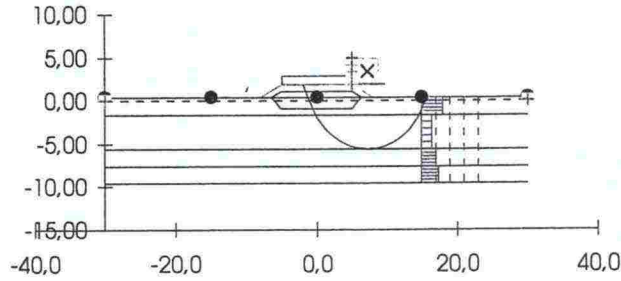
V. 3.04 19.5.1999 (c) M. Smura

Tietoliikelaitos

Laskija: MSm

25.9.2003

13:13



Laskentakerros		N:o	2	
Laskentasyvyys		%	100	
Laskentapuoli		vas/oik = 0/1	1	
	X	Y	dx	dy
Hila 5x6	5,0	1,9	0,8	0,8

Lähtöarvot: (valkeat ruudut, harmaat tarvittaessa)

Hanke: Mt 170 Östersundomin tulvapaikka, PL 4820, laskenta 2

Maanpinnan kaltevuus M:10	M	0		m
Penkereen leveys	B	10		
Pengerkorkeus	H		Vas	Oik
Luisakaltevuus 1:N	N		1,5	1,5
			2	2
Penkereen tilavuuspaino	$\gamma$	20		kN/m <sup>3</sup>
Penkereen kittakulma	$\phi$	30	X1	X2
Liikennekuorma kPa	q	10	-5	5

	X	-30,0	-15,0	0,0	15,0	30,0			
Maanpinta Y		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	w %	$\gamma$	Cu
Kerros 1 d		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	60	16,4	15
Kerros 2 d		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	100	14,5	7
Kerros 3 d		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	10
Kerros 4 d		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	12

Ulkoinen vesipinta	Y	0,0			
VASTAPENGER			Vas	Oik	
Vastapengerin korkeus	h	0	0		m
leveys	b	0	0		m
luisakaltevuus	n	0	0		
yläpinnan kaltevuus	m	0	0		
tilavuuspaino	$\gamma$	18			kN/m <sup>3</sup>

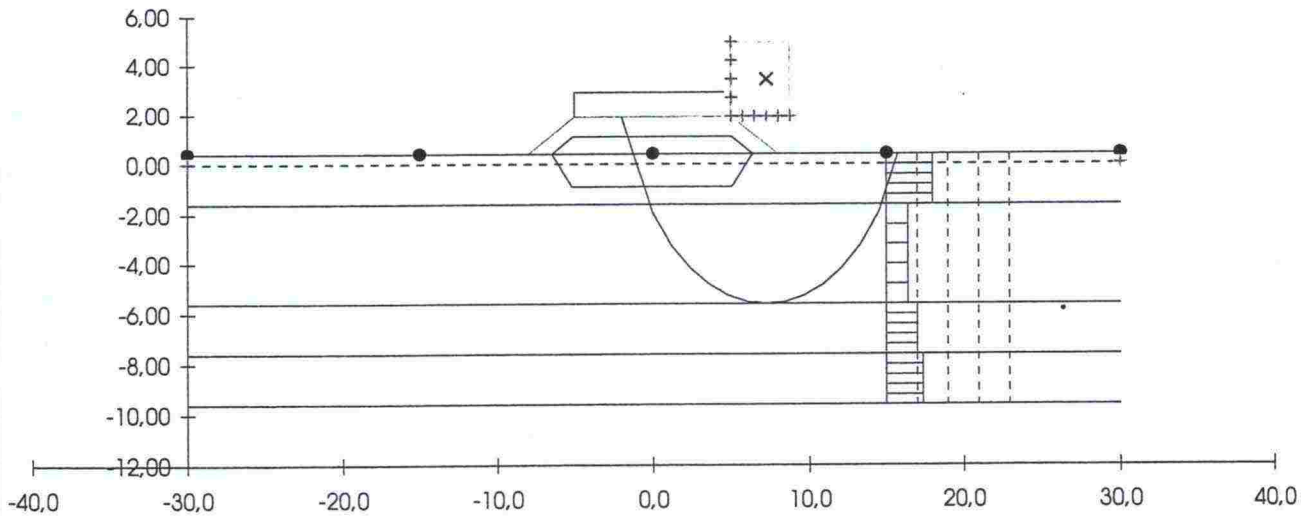
VAARALLISIN LIUKUPINTA

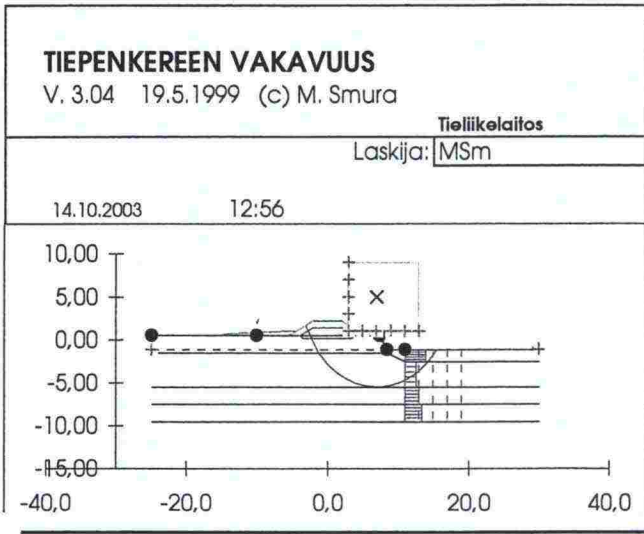
X Y R

VARMUUSKERROIN F= 2,34 7,3 3,4 9,0

KEVENNYS

	Vas	Kesk	Oik	
Kevennyksen paksuus	h	2	2	2
Kevennyksen leveys	b	5		5
Päällysrakenteen paksuus	k	0,8	0,8	0,8
Kevennyksen luisakaltevuus	n	2		2
Kevennysmateriaalin tilav.paino	$\gamma$	7		kN/m <sup>3</sup>
Kevennysmateriaalin kittakulma	$\phi$	36		ast

**Laskentapoikkileikkaus**



Lähtöarvot: (valkeat ruudut, harmaat tarvittaessa)

Hanke: Mt 170 Östs, PL 4820, työnaikainen kaivanto, w = -1,1

Maanpinnan kaltevuus M:10	M	0		m
Penkereen leveys	B	4		
Pengerkorkeus	H	1,7	1,7	m
Luiskakaltevuus 1:N	N	2	2	
Penkereen tilavuuspaino	$\gamma$	20		kN/m <sup>3</sup>
Penkereen kitkakulma	$\phi$	30	X1	X2
Liikennekuorma kPa	q	0	-2	2

X	-10,0	7,4	8,4	11,0	30,0			
Maanpinta Y	0,5	0,5	-1,1	-1,1	-1,1	w %	$\gamma$	Cu
Kerros 1 d	2,0	2,0	0,4	1,4	1,4	60	18,0	15
Kerros 2 d	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	100	14,5	8
Kerros 3 d	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	10
Kerros 4 d	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	12
Ulkoinen vesipinta Y								

Laskentakerros		N:o	2	
Laskentasyvyys		%	100	
Laskentapuoli		vas/oik = 0/1	1	
	X	Y	dx	dy
Hila 5x6	3,0	1,0	2,0	2,0

VASTAPENGER

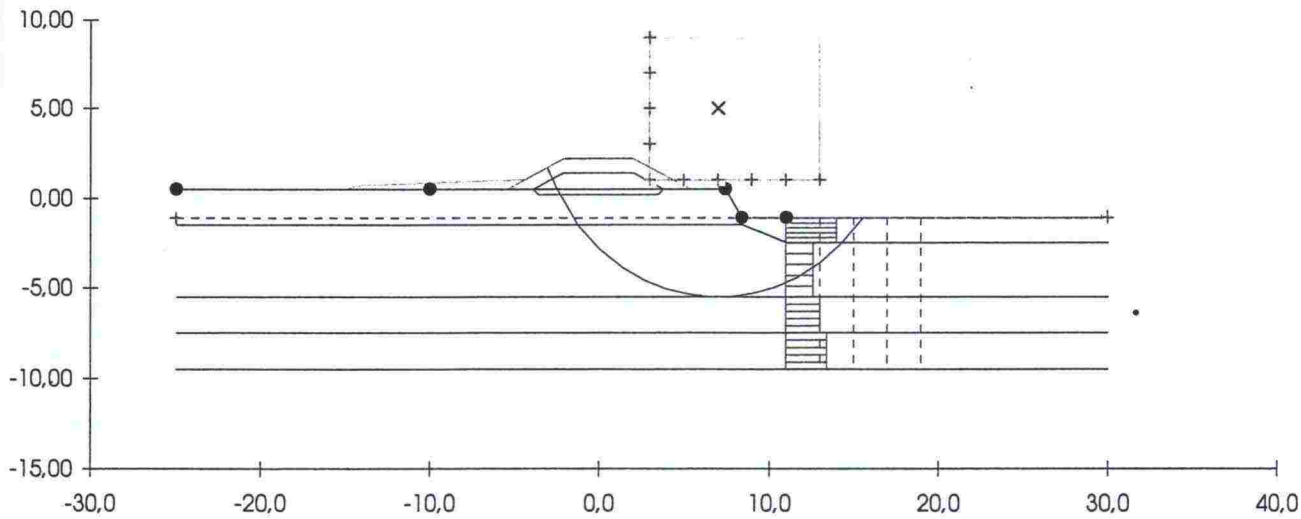
Vastapengerin korkeus	h	0,5	0	m
leveys	b	10	0	m
luiskakaltevuus	n	3	0	
yläpinnan kaltevuus	m	30	0	
tilavuuspaino	$\gamma$	18		kN/m <sup>3</sup>

VAARALLISIN LIUKUPINTA		X	Y	R
VARMUUSKERROIN F=	1,13	7,0	5,0	10,5

KEVENNYS

Kevennyksen paksuus	h	1,2	1,2	1,2	
Kevennyksen leveys	b	2		2	m
Päällysrakenteen paksuus	k	0,8	0,8	0,8	m
Kevennyksen luiskakaltevuus	n	2		2	
Kevennysmateriaalin tilav.paino	$\gamma$	6			kN/m <sup>3</sup>
Kevennysmateriaalin kitkakulma	$\phi$	36			ast

Laskentapoikkileikkaus





**TIEPENKEREEN VAKAVUUS**

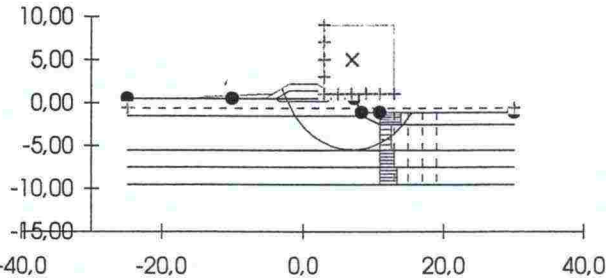
V. 3.04 19.5.1999 (c) M. Smura

Tieliikelaitos

Laskija: MSm

16.10.2003

10:55



Laskentakerros		N:o	2	
Laskentasyvyys		%	100	
Laskentapuoli		vas/oik = 0/1	1	
	X	Y	dx	dy
Hila 5x6	3,0	1,0	2,0	2,0

## VAARALLISIN LIUKUPINTA

VARMUUSKERROIN F=	1,27	7,0	5,0	10,5
-------------------	------	-----	-----	------

Lähtöarvot: (valkeat ruudut, harmaat tarvittaessa)

Hanke: Mt 170 Östs, PL 4820, työnaikainen kaivanto, w = -0,6

Maanpinnan kaltevuus M:10	M	0		m
Penkereen leveys	B	4		
Pengerkorkeus	H	1,7	1,7	m
Luisakaltevuus 1:N	N	2	2	
Penkereen tilavuuspaino	$\gamma$	20		kN/m <sup>3</sup>
Penkereen kitkakulma	$\phi$	30	X1	X2
Liikennekuorma kPa	q	0	-2	2

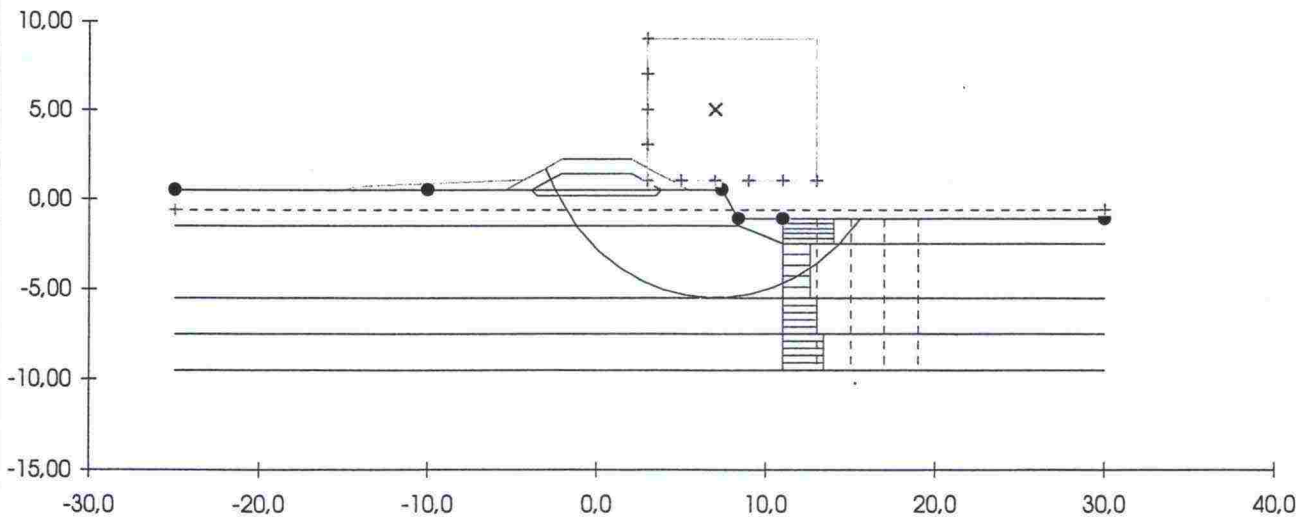
X	-10,0	7,4	8,4	11,0	30,0			
Maanpinta Y	0,5	0,5	-1,1	-1,1	-1,1	w %	$\gamma$	Cu
Kerros 1 d	2,0	2,0	0,4	1,4	1,4	60	18,0	15
Kerros 2 d	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	100	14,5	8
Kerros 3 d	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	10
Kerros 4 d	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100	14,5	12
Ulkoinen vesipinta Y	-0,6							

VASTAPENGER		Vas	Oik	
Vastapengeren korkeus	h	0,5	0	m
leveys	b	10	0	m
luisakaltevuus	n	3	0	
yläpinnan kaltevuus	m	30	0	
tilavuuspaino	$\gamma$	18		kN/m <sup>3</sup>

## KEVENNYS

	Vas	Kesk	Oik	
Kevennyksen paksuus	h	1,2	1,2	1,2
Kevennyksen leveys	b	2		2
Päällysrakenteen paksuus	k	0,8	0,8	0,8
Kevennyksen luisakaltevuus	n	2		2
Kevennysmateriaalin tilav.paino	$\gamma$	6		kN/m <sup>3</sup>
Kevennysmateriaalin kitkakulma	$\phi$	36		ast

## Laskentapoikkileikkaus



**ÖSTERSUNDOMIN RENGASPAALIRAKENTEEN PÄÄLLYSRAKENTEEN MITOITUS**

Kuormituskertaluku  $1,994 \times 10^6$  (mitoitusikä 20 v, liikenteeseen kasvukerroin 1,5 %)

Päällysrakenneluokka 3 AB, kantavuusvaatimus 265 MPa

Rengaspaalien moduuliotaksima **1 MPa**

Pohjamaan kantavuusluokka G (5 MPa)

Odemarkin kantavuuskaavalla, kun kerrosmoduuli on enintään kuusi kertaa alustan kantavuus

	Moduuli, MPa	Paksuus, mm	Alapinnan syvyys, mm
AB	2500	40	
ABK	2500	60	
Kantava	280	300	400
Jakava	6... 17... 47... 136	320+350+350 + 350 = 640	<b>1770</b>
Rengaspaalit	<b>1</b>	1700	3470
Pohjamaa, lk G	5		

Odemarkin kantavuuskaavalla, kun kerrosmoduulia ei rajoiteta (eli kun rengaspaalien yläpinnassa teräsverkko, joka estää vaakaasiirtymät)

	Moduuli, MPa	Paksuus, mm	Alapinnan syvyys, mm
AB	2500	40	
ABK	2500	60	
Kantava	280	250	350
Jakava	200	700	<b>1050</b>
Rengaspaalit	<b>1</b>	1700	2520
Pohjamaa, lk G	5		

Rengaspaalirakenteen mitoitus APAS:lla (väsymisteoria).

	Moduuli, MPa	Paksuus, mm	Alapinnan syvyys, mm
AB (B 120)	3000	40	
ABK (B 80)	4700	60	
Kantava	280	200	300
Jakava	200	730	<b>1030</b>
Rengaspaalit	<b>5</b>	1700	2730
Pohjamaa, lk G	5		

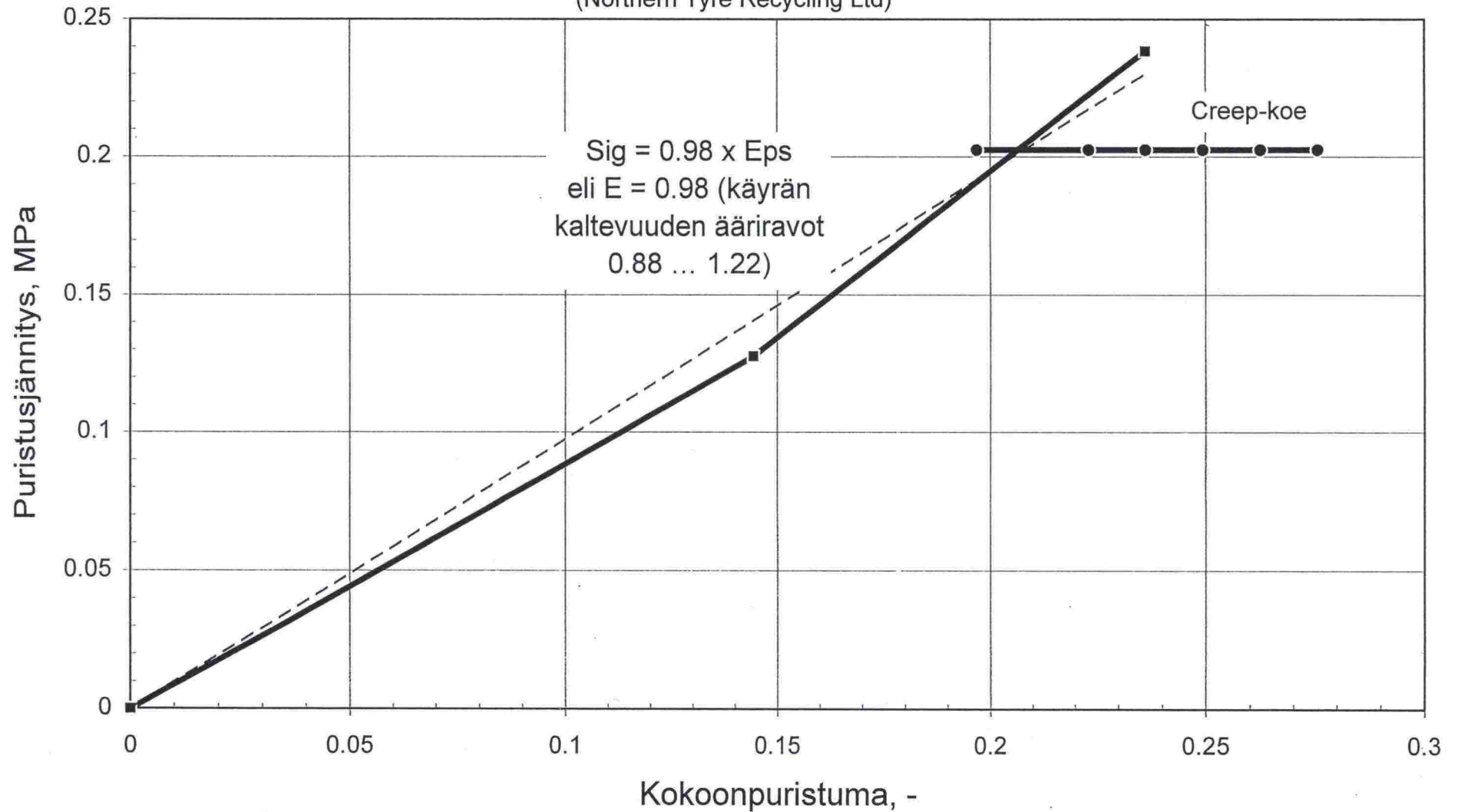
Rengaspaalien moduuliksi ei voi antaa 1 MPa, pienin mahdollinen on 5 MPa (vastaa G-lk:n pohjamaata)

Rengaspaalien "väsyminen" (laskennassa on käytetty hiekan väsymissuoraa) määrää kestoiän, joten laskettu rakenne on eräänlainen yläraja-arvio. Seuraavaksi kriittisin kerros on ABK, joka kestäisi kuormituskertaluvun  $KKL = 2,6 \times 10^6$



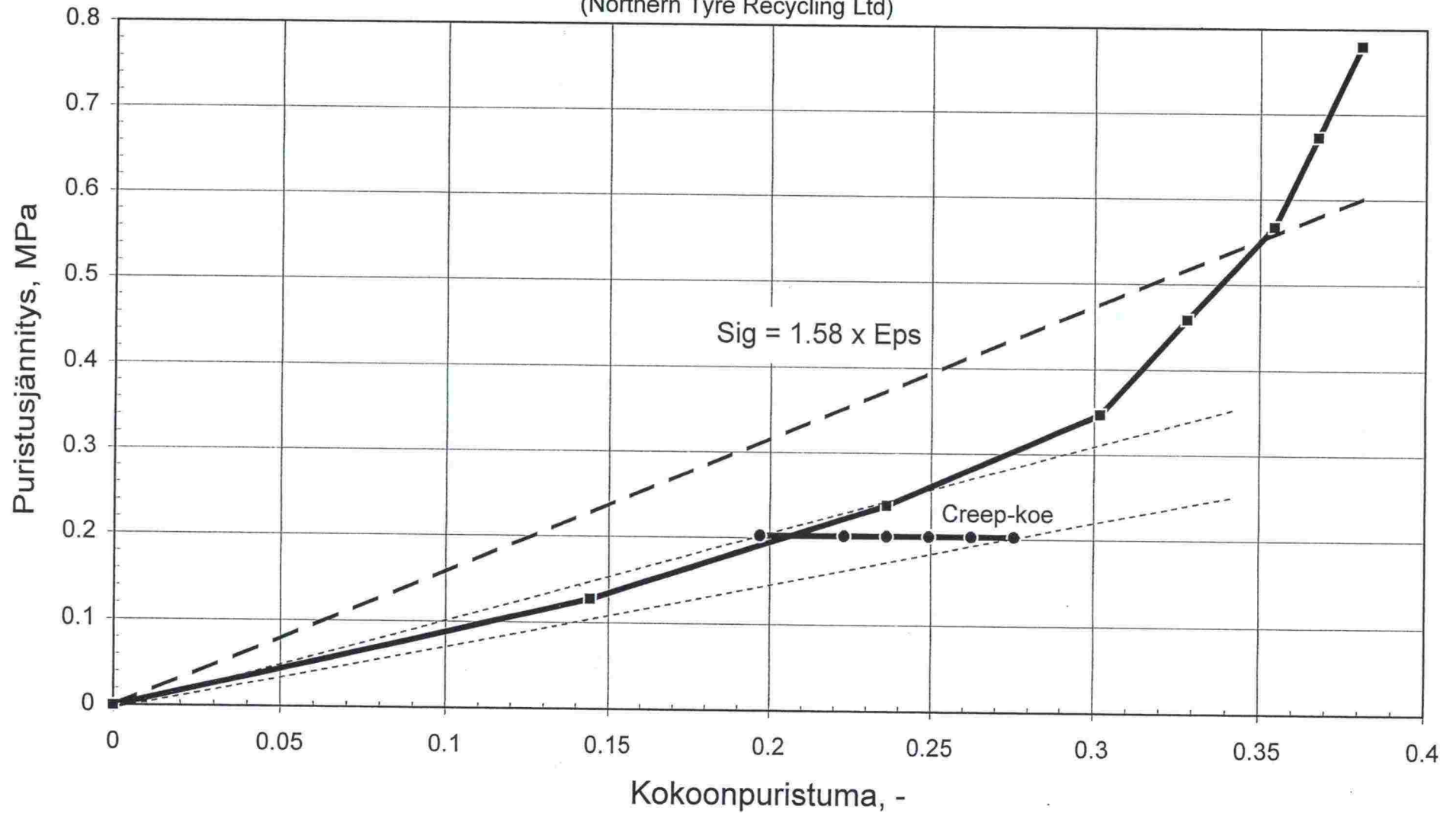
# Rengaspaalin koekuormitus (vain alkupää) ja creep-koe

(Northern Tyre Recycling Ltd)



# Rengaspaalin koekuormitus ja creep-koe

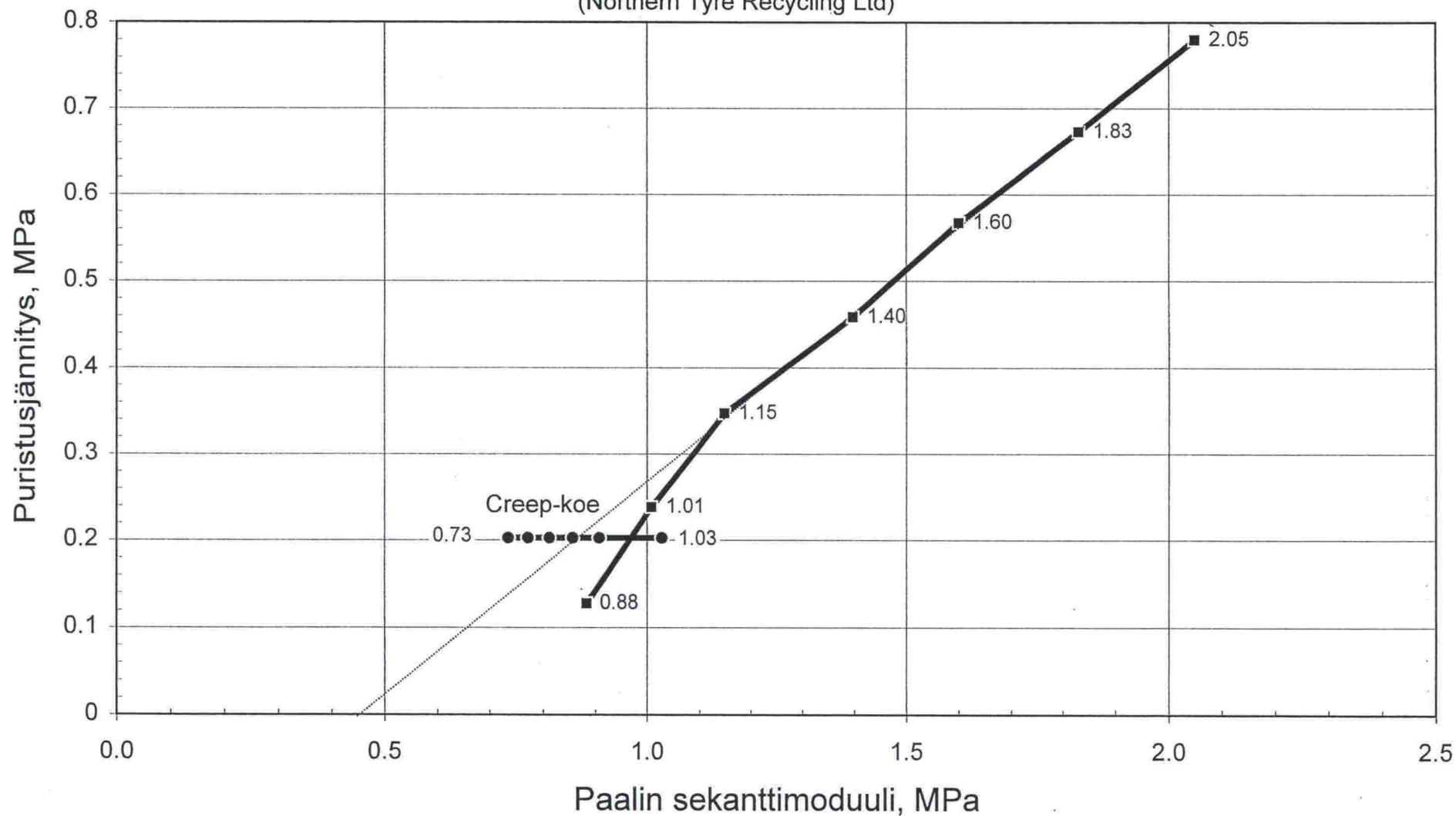
(Northern Tyre Recycling Ltd)





# Rengaspaalin sekanttmoduuli, koekuormitus ja creep-koe

(Northern Tyre Recycling Ltd)



## **Mt 170 Östersundomin tulvapaikka: YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN SEURANTAOHJELMA**

### **Yleistä**

#### **Kevyenliikenteenväylä**

Kesällä 2003 rakennettiin maantien 170 viereen Östersundomiin kevyenliikenteen väylä, jossa käytettiin kevennemateriaalina rengasrouhetta. Hankkeen yhteydessä on laadittu 25.11.1999 päivätty ympäristövaikutusten seurantaohjelma (Fundus Oy/ Veli-Matti Uotinen). Se perustuu Sipoon kunnan lupaehtoihin (16.11.1999), joiden mukaan rakennuskohteesta ja sen välittömästä läheisyydestä seurataan pohja- ja pintavesien laatua ennen rakentamista, rakentamisen aikana ja vähintään kaksi vuotta rakentamisen jälkeen. Seurantaohjelman mukaisesti alueelle on asennettu ennen rakentamista pohjavesi- ja siiviläputket paalulle 4520 noin 30 metriä jkp:n mittalinjasta oikealle ja paalulle 4740 noin 10 metriä jkp:n mittalinjasta vasemmalle. Lisäksi rengasrouhekevennyksen rakentamisen yhteydessä on asennettu tarkkailukaivot rengasrouherakenteeseen paaluille 4440 ja 4740. Vesinäytteitä on otettu myös Kvarnbäckin purosta.

#### **Päätie**

Päätien osalta on katsottu tarkoituksenmukaiseksi täydentää kevyenliikenteenväylän ohjelmaa. Jo olemassa olevien tutkimuspisteiden lisäksi suoritetaan jatkossa seuranta päätien rakennuskohteesta ja sen välittömästä läheisyydestä. Rakenteessa olevan orsiveden sekä pohja- ja pintavesien laatua tarkkaillaan ennen rakentamista, rakentamisen aikana sekä ensimmäisenä, toisena ja neljäntenä vuonna rakentamisen jälkeen.

Lähistöllä ei sijaitse käytössä olevia talousvesikaivoja, jotka olisivat pohjaveden virtaussuunnassa kohteen tasolla tai alempana, joten seuranta kaivojen osalta ei suoriteta. Ympäristövaikutusten seurannan toteuttamisesta vastaa jatkossa Hannu Ranta Uudenmaan tiepiiristä.

#### **Uusien pohjavesi- ja siiviläputken sekä tarkkailukaivojen asentaminen**

Ennen rakentamista asennetaan paalulle 4760 noin 10 metriä päätien mittalinjasta oikealle:

- yksi syvä pohjavesiputki, jonka siiviläosa (1 m) ulottuu noin 9-11 metrin syvyyteen karkearakaiseen maakerrokseen, tunnus E
- yksi siiviläputki 2 metrin syvyydelle siten, että koko putki on siiviläosaa ja siivilät ulottuvat maanpinnalle saakka, tunnus F

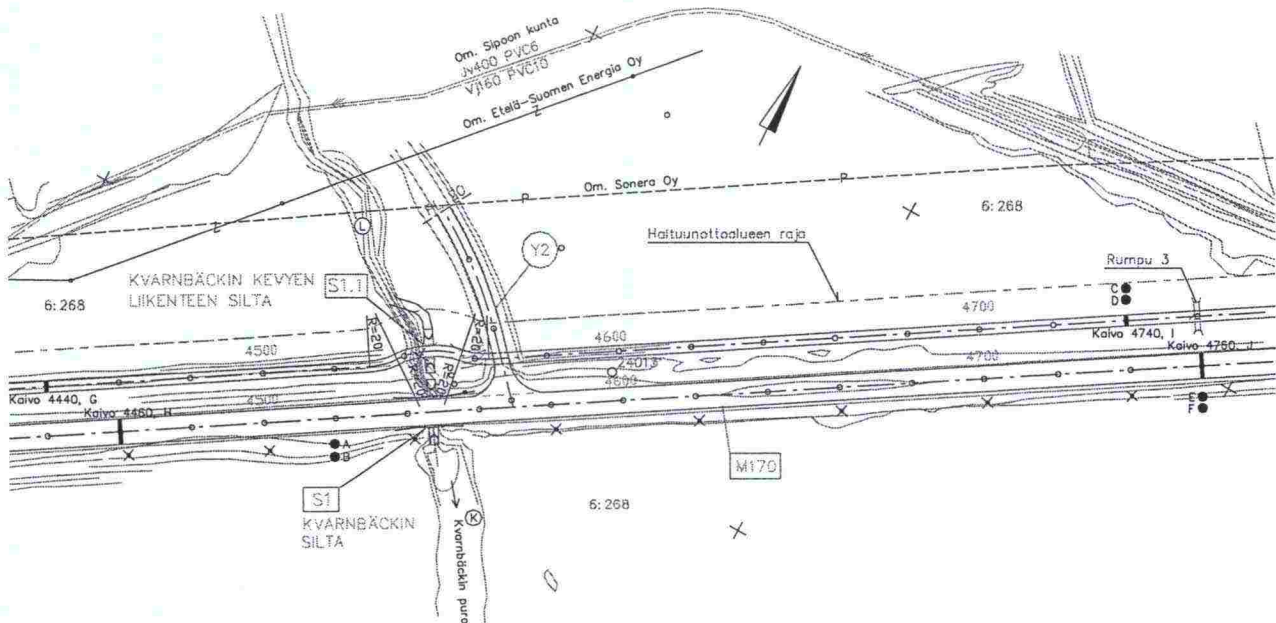
Paaluille 4460 (tunnus H) ja 4760 (tunnus J) rengaspaalirakenteeseen asennetaan vastaavat tarkkailukaivojärjestelmät, kuin on rengasrouherakenteen paaluilla 4440 ja 4740.

#### **Lopulliset näytteidenottopisteet**

Ympäristövaikutusten seuranta toteutetaan vesinäytteiden ottamisen ja näytteiden analysoinnin avulla. Näytteitä otetaan päätien rakentamisen jälkeen seuraavista kahdestatoista (12) näytteenottopisteestä (kuva 1.):

- Pohjavesi- ja siiviläputket: pl 4520 A ja B, pl 4740 C ja D, pl 4760 E ja F
- Tarkkailukaivot: pl 4440 G, pl 4460 H, pl 4740 I, pl 4760 J
- Kvarnbäckin uoma: K (sillan eteläpuoli) ja L (sillan pohjoispuoli)





Kuva 1. Näytteenottopaikat A – L.

### Analysoitavat aineet; lista 1

Otetuista näytteistä analysoidaan aina seuraavat aineet:

- kloori (Cl)
- kromi (Cr)
- kupari (Cu)
- lyijy (Pb)
- mangaani (Mn)
- rauta (Fe)
- sinkki (Zn)
- sulfaatti  $\text{SO}_4^{2-}$
- veden pH
- veden kemiallisen hapenkulutuksen määrittäminen (COD)

Lisäksi erikseen kohdassa "Näytteidenottoaikataulu" mainituista näytteistä määritetään PAH-yhdisteet.

Näytteidenotossa käytetään puhtaita näytteenottovälineitä, jotta varmistetaan, ettei analyysituloksiin tule virheitä näytteenottotekniikan vuoksi. Näytteenottojen yhteydessä mitataan putkissa oleva veden pinta. Lisäksi jokaisen näytteenotonyhteydessä mitataan ja dokumentoidaan merenpinnan korkeustaso. Näytteet analysoidaan ympäristötekniikkaan perehtyneessä ympäristölaboratoriossa. Analyysitulosten yhteydessä esitetään käytetyt analyysitekniikat.

### Näytteidenottoaikataulu

#### **Ennen rakentamista**

Ennen rakentamistoimenpiteitä otetaan näytteet putkista A, B, C, D, E ja F, tarkkailukaivoista pl 4440 (G) ja pl 4740 (I) sekä Kvarnbäckin uoman virtaavasta pintavedestä K ja L. Näytteet (10 kpl) voidaan ottaa aikaisintaan 2 viikkoa uusien näytteenottopisteiden (E, F) asentamisen jälkeen. Näytteistä analysoidaan listan 1 mukaiset aineet. Lisäksi putkista A, B, E, F, tarkkailukaivosta pl 4740 (I) sekä uomanäytteistä K ja L tutkitaan PAH-yhdisteet. Meriveden korkeustaso mitataan.

Lisäksi ennen rakentamista otetaan Kvarnbäckin uomasta, pisteestä K, sedimenttinäyte, josta määritetään sedimentoitunut kumimäärä.

### **Rakentamisen aikana**

Rakentamisen aikana heti kaikkien rengaspaalien asentamisen jälkeen otetaan näytteet kaikista kahdestatoista (12) pisteestä A-L. Kaikista näytteistä analysoidaan listan 1 mukaiset aineet. Lisäksi putkista A, B, E ja F, tarkkailukaivoista pl 4460 H, pl 4740 I ja pl 4760 J sekä Kvarnbäckin uomasta (K, L) tutkitaan PAH -yhdisteet. Meriveden korkeustaso mitataan.

### **Rakentamisen jälkeen**

Ensimmäisenä, toisena ja neljäntenä vuonna rakentamisen jälkeen otetaan näytteet kahdesti vuodessa (huhti- ja syyskuussa) kaikista tutkimuspisteistä (12 näytettä). Näytteistä analysoidaan listan 1 mukaiset aineet. Lisäksi putkista A, B, E ja F, tarkkailukaivoista pl 4740 I ja pl 4760 J sekä Kvarnbäckin uomasta (K, L) tutkitaan PAH -yhdisteet kerran vuodessa syyskuun näytteenoton yhteydessä. Meriveden korkeustaso mitataan kaikilla mittauskerroilla.

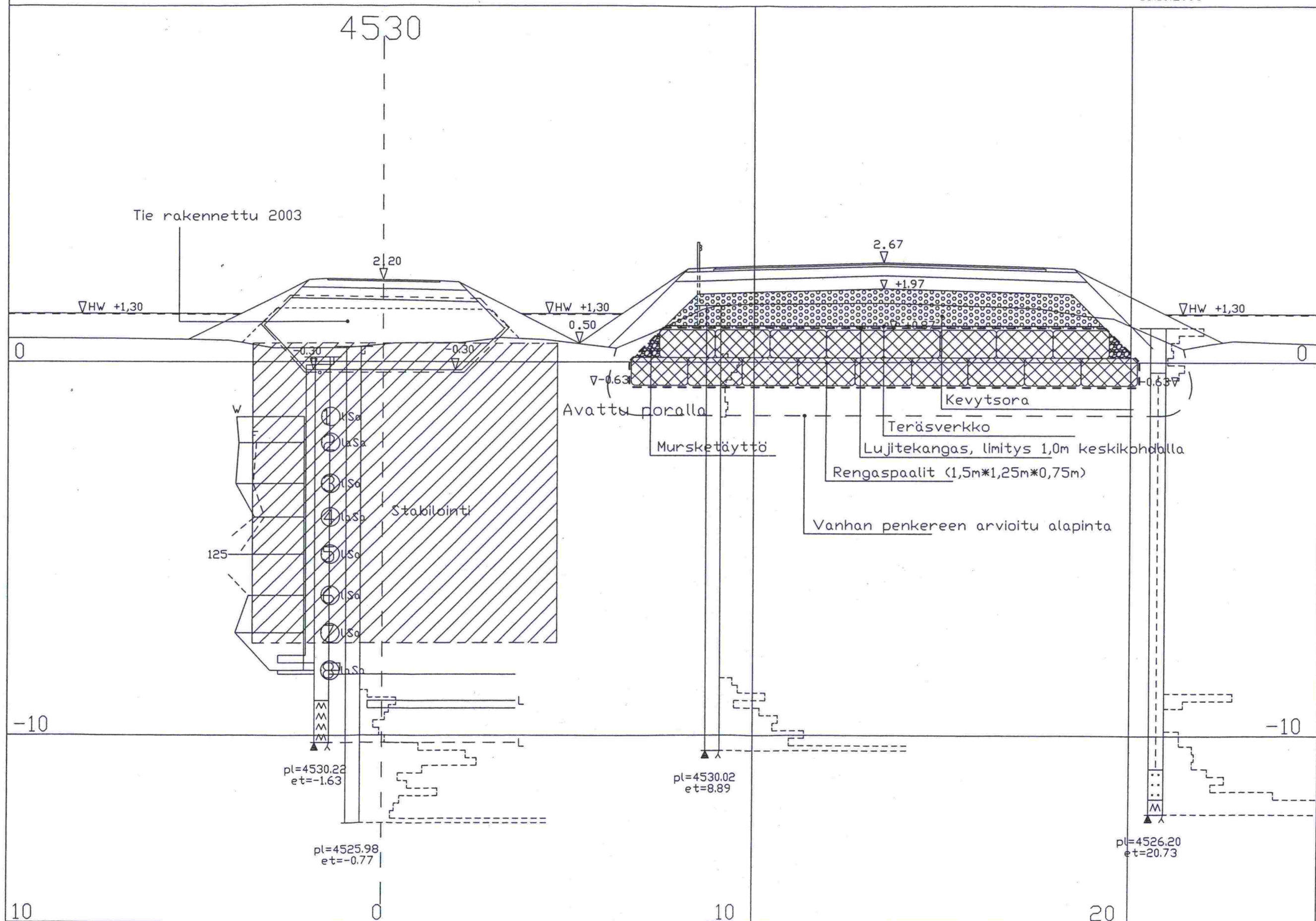
Tarvittaessa, mikäli vesinäytetuloksissa tapahtuu selkeä haitta-ainepitoisuuksien nousu, otetaan 4. vuonna rakentamisen jälkeen Kvarnbäckin uomasta, pisteestä K, sedimenttinäyte.

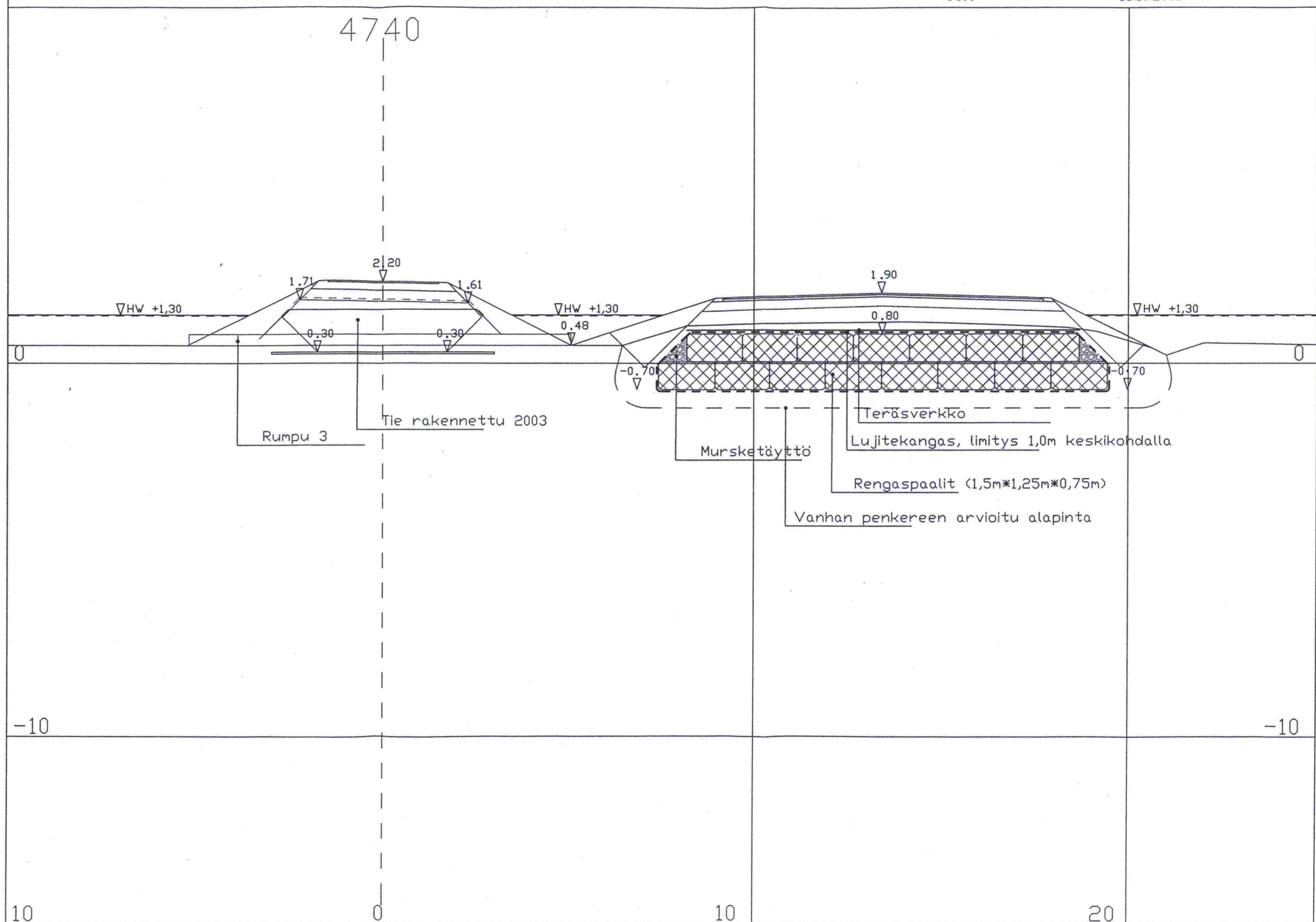
### **Raportointi**

Konsultti kerää analysoidut tulokset tiedostoksi. Analysoidut tulokset raportoidaan kerran vuodessa kirjallisesti asianomaisille (Uudenmaan tiepiiri, Sipoon kunta, Uudenmaan ympäristökeskus). Mikäli seuranta-ajanjaksolla ilmenee poikkeuksellisia tuloksia, lisätutkimus- tai tutkimussuunnitelman muutostarvetta, tiedotetaan asianomaisille tahoille niistä välittömästi.

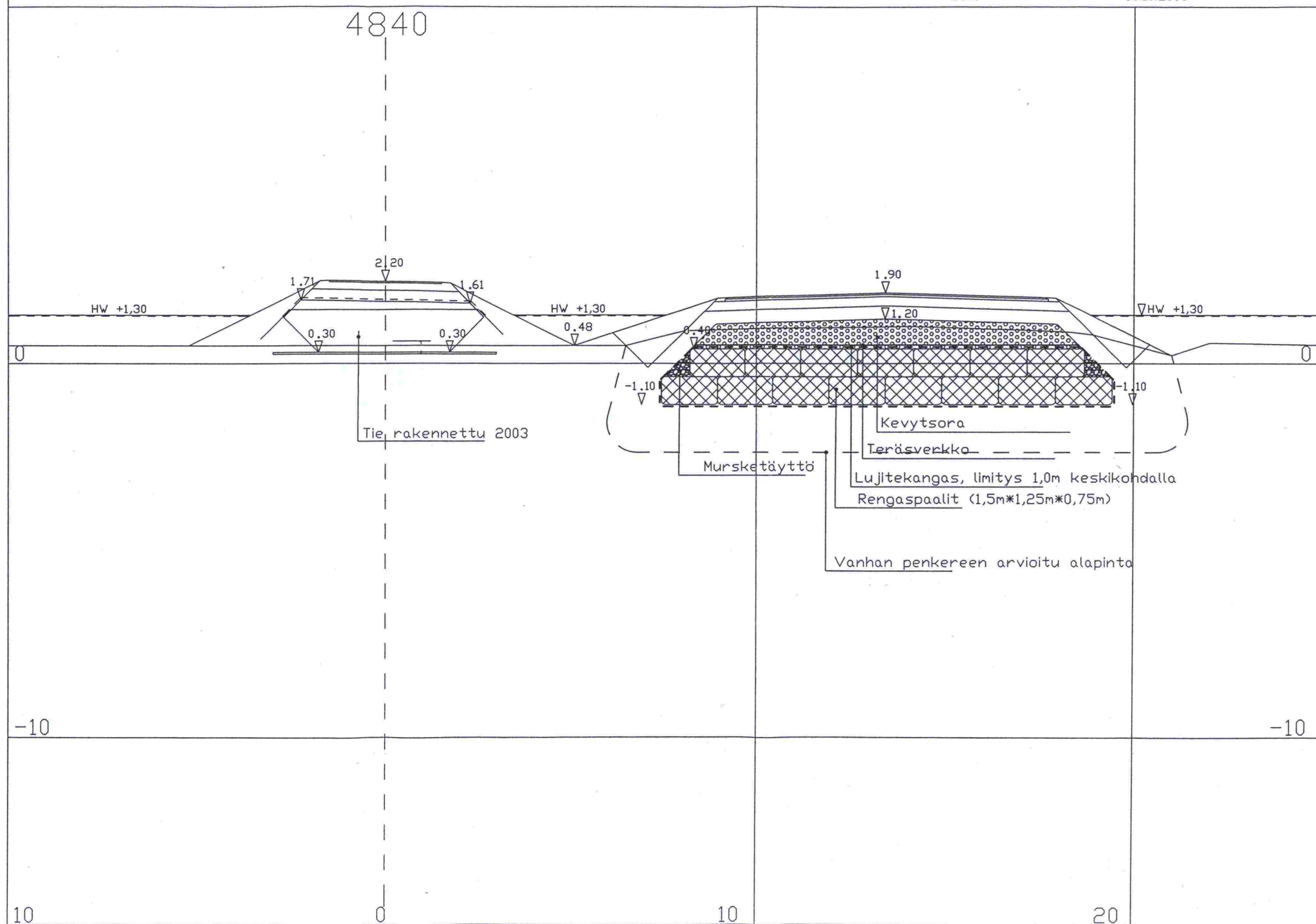
Neljän vuoden seurantajakson jälkeen tehdään tuloksista yhteenveto, jossa arvioidaan rengasmateriaalien vaikutukset ympäristölle. Lausunnon perusteella tehdään yhdessä asianosaisten kanssa päätös seurannan jatkamisesta.















## **Ympäristöselvitys: RENGASPAALIT**

### **1. Tausta**

Suomessa poistuu käytöstä vuosittain noin 2,5 miljoonaa autonrenkasta, mikä vastaa tilavuutena noin 200 000 m<sup>3</sup> ja painona noin 25 000 tonnia renkaita. Valtioneuvosto on tehnyt vuonna 1996 päätöksen käytöstä poistettujen renkaiden hyödyntämisestä ja käsittelystä [VNp 1246/1995], jonka mukaan kaikki jäterenkaat tulee kerätä hyötykäyttöön:

#### **4 § Kierrätys ja käsittely**

*"Käytöstä poistetut renkaat on ensisijaisesti pyrittävä käyttämään uudelleen tai muulla tavoin hyödyntämään aineena ja toissijaisesti hyödyntämään energiana."*

Kierrätysvelvoitteen hoitamiseksi joukko rengasalan toimijoita perusti Suomen Rengaskierrätys Oy:n. Yhtiön tavoitteena ei ole tuottaa voittoa omistajilleen, vaan hoitaa keskitetysti, kokonaistaloudellisesti ja kustannustehokkaasti renkaiden keräys ja hyötykäyttö valtakunnallisesti. Suomi on renkaiden kierrätyksen edelläkävijämaa, sillä Suomessa myydyistä autonrenkaista yli 90 % päättyy nykyään hyötykäyttöön, kun vastaava luku koko Euroopassa on vain 60 % [Mäkelä & Höynälä 2000] [Suomen Rengaskierrätys Oy 2003].

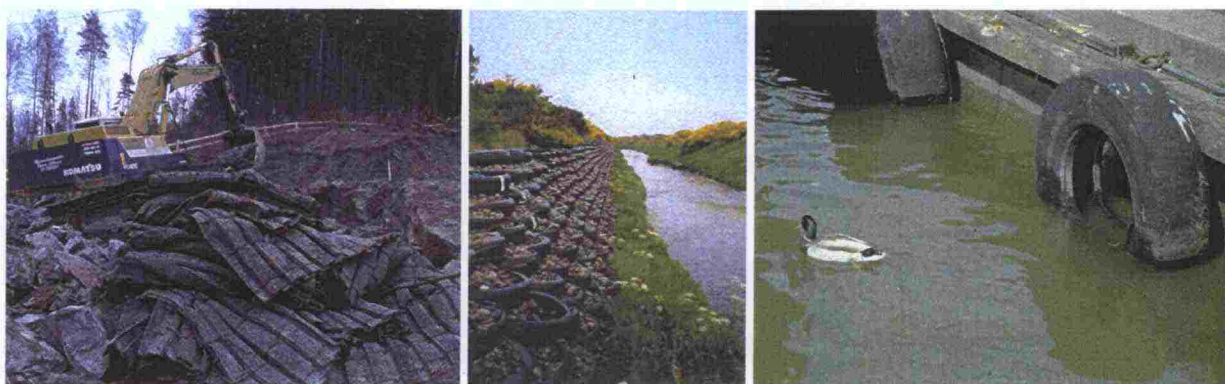
ETRA (The European Tyre Recycling Association) on yhdessä eurooppalaisen standardointijärjestön CENin kanssa vienyt läpi projektin, jonka tavoitteena oli kehittää yhtenäiset standardit renkaista valmistettaville materiaaleille. Suomen vastuulla oli rengasrouheen tuotteistaminen. Tieliikelaitos oli aktiivisesti mukana toteuttamassa ko. projektia. Projektissa tehty raportti valmistui keväällä 2002 ja se on toimitettu CEN:lle.

### **2. Yleistä renkaista ja niiden käytöstä**

Tavanomaisen autonrenkaan pääraaka-aineet ovat kumisekoitus, jonka osuus renkaan kokonaismassasta on yli 80 %, sekä erilaiset vahvikemateriaalit, kuten teräslangat ja tekstiiliverkot (rayon, polyesteri). Lähes puolet kumiseoksesta on luonnonkumia ja synteettistä kumia, kolmannes täyteaineita (mm. noki) ja kymmenesosa pehmitteaineita (öljyjä). Loput 10 % kumiseoksesta on kovettumis- eli vulkanointiaineita sekä apukemikaaleja ja suoja-aineita [Nokian Renkaat 2003].

Käytöstä poistettuja autonrenkaita voidaan käyttää uusiotuotteina (esim. uudelleenpinnoitetut renkaat tai räjäytysmatot), tie- ja maarakenteissa sekä energialähteenä. Suomessa noin 80 prosenttia hyötykäyttöön menevistä renkaista käytetään tie- ja maanrakennustarpeisiin. Näissä kohteissa renkaita voidaan käyttää erikokoisina rouheina, kokonaisina tai paalattuina. Niitä on käytetty Suomessa mm. meluvallien täyteaineena, tierakenteissa lämmöneriste-, kuivatus- ja kevennysmateriaalina sekä kaatopaikkojen perustamis- ja sulkemisarakeissa. Edellä mainittujen lisäksi ulkomailla rengaspaaleja on käytetty pato-, aallonmurtaja- sekä jokien ja virtojen pengerrakenteina. Rengaspaalien tai rengasmateriaalien käyttöä kannattaa suosia etenkin silloin, kun tarvitaan kevyttä, mutta vettä raskaampaa materiaalia esimerkiksi tulvapaikkojen rakenteissa. Näissä kohteissa kevytsoran käyttö on usein mahdotonta, sillä kevytsora saattaa kellua ja rakenteissa on nosteen vaara. Lisäksi renkaat ovat edullisempaa materiaalia kuin kevytsora.





Kuva 1. Esimerkkejä käytettyjen renkaiden käyttötavoista: a) räjäytysmatot [Suomen Rengaskierrätys Oy], b) pengerrakenne [Simm 2003], c) laiturin törmäysrakenne [Suomen Rengaskierrätys Oy].

### 3. Ulkomaiset yhteydet

Ympäristöselvityksen tekemiseksi Tieliikelaitos otti yhteyttä ulkomaisiin renkaiden käytön ja kierrätyksen asiantuntijoihin ja ammattilaisiin kuullakseen heidän kokemuksiaan. Yhteyttä otettiin mm. seuraaviin henkilöihin:

- Dennis Scott, Northern Tyre, Iso-Britannia (Skotlanti)
- Prof. Dana Humprey, University of Maine, USA
- Dr Ken Collins, University of Southampton, Iso-Britannia
- Michael K. Playdon, Columbus McKinnon Corporation, USA (Florida)
- Ron Munro, The Highland Council, Iso-Britannia (Skotlanti)
- Prof. Sven Knutsson, Luleå tekniska universitet, Ruotsi

Mainitut henkilöt toimittivat kiitettävästi materiaalia ja Ron Munro vieraili Suomessa esittelemässä rengaspaalien käyttöä tierakenteissa. Lisäksi Suomesta oli ryhmä asiantuntijoita ja suunnittelijoita vastavierailulla Skotlannissa syksyllä 2003.

### 4. Tekniset tiedot

Paalaustekniikka on yksinkertainen ja nopea: autonrenkaat ladotaan yksitellen kokonaisina paalaimeen ja paalaus kone puristaa ne hydraulisesti tiiviiksi, toistensa kanssa muodoltaan ja kooltaan lähes identtisiksi paaleiksi. Paalit ovat kooltaan 60" x 50" x 30" eli noin 1,5 m x 1,25 m x 0,8 m [Scott 2003]. Tosin käytännössä on huomattu, että paalit saattavat jäädä hieman pienemmiksi (1,2 m x 1,2 m x 0,85 m) ja itse asiassa joissakin projekteissa tarvitaan myös pienempiä paalikokoja esim. siirtymärakenteisiin [Munro 2003]. Paalit sisältävät vaihtelevan määrän renkaita riippuen puristettavien renkaiden koosta ja tyypistä (henkilöauton-, kuorma-auton tai traktorin renkaat). Eri rengastyyppejä ei kuitenkaan tulisi sekoittaa keskenään samaan paaliin. Useimmiten tavanomaisia autonrenkaita mahtuu paaliin 100-125 kappaletta, jolloin paali painaa 750-1000 kg. Paalit sidotaan vain toiseen suuntaan viidellä (5), noin 3,2 metriä pitkällä sidelangalla. Sidelankoina käytetään galvanoituja, halkaisijaltaan 3-4 mm teräslankoja. Myös muiden korroosiota kestävien materiaalien, mm. ruostumattoman teräslangan tai muovisten materiaalien, käyttö on mahdollista ja olisi jopa suositeltavaa. Autonrenkaiden elinikä on pitkä, eivätkä ne hajoa biologisesti. Terässidelankojen elinikä on noin 30 vuotta. Tosin tutkimusten mukaan kerran puristettu paali oltuaan paalattuna 30 kuukautta säilyttää rakenteessa muotonsa ja jännityksensä hyvin, vaikka tukilangat pettäisivätkin. Laajenemista tapahtuu tällöin vain 5 %. Rengasmateriaalin muut tekniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 1 [CEN 2002] [Munro 2003].





Kuva 2. a) Renkaiden säilytys [Lassila & Tikanoja 2003], b) Rengaspaali [CEN 2002].

Paalaamiseen tarvitaan paalaus kone ja kaksi miestä, jolloin paalausnopeus on noin 4-6 paalia tunnissa. Koska paalaamisessa käsityön osuus on suuri, pystytään paalien laatu varmistamaan tarkistamalla jokainen rengas silmämääräisesti ja poistamalla öljyiset tai muuten likaiset renkaat. Paalaintyyppejä on kaksi: kiinteä ja siirrettävä paalain. Paalaimen käyttöikä on noin 50 000-60 000 paalia. Tällä hetkellä paalaus koneita valmistetaan vain Yhdysvalloissa [Scott 2003][CEN 2002].



Kuva 3. Rengaspaalin valmistus siirrettävällä paalaus koneella, Skotlanti [Smura 2003].

Käytettäessä rengaspaaleja maarakenteissa, tulee renkaat erottaa muusta rakennusmateriaalista geotekstiilin avulla, jotta materiaalit eivät sekoitu ja rengasrakenteet menetä edullisia ominaisuuksiaan. Lisäksi paalikerros tulee peittää kauttaaltaan maa-aineksella, etteivät eläimet pesi rakenteisiin tai renkaat joudu ilkeivallan kohteeksi. Näistä syistä päälle tulevan maa-aineskerroksen paksuuden olisi hyvä olla yli 300 mm [Munro 2003].



Kuva 4. Rengaspaaleja tierakenteessa, Skotlanti [Munro 2003].



Taulukko 1. Rengasmateriaalin ominaisuudet eri muodoissa [Mäkelä &amp; Höynälä 2000].

Ominaisuus	Rengaspaalit	Kokonaiset renkaat	Rengasrouhe 100x300mm <sup>2</sup>	Rengasrouhe 50x50mm <sup>2</sup>
Rakenneteoreettinen tilavuuspaino	n. 5,5–6,5 kN/m <sup>3</sup>	2-4 kN/m <sup>3</sup>	4-6 kN/m <sup>3</sup>	5-6 kN/m <sup>3</sup>
Kiintotiheys	1,08-1,27 Mg/m <sup>3</sup>			
Noste	0 kN/m <sup>3</sup>			
Lämmönjohtavuus	?	0,1-0,25 W/mK		
Kapillaarisuus (arvioitu)	≈ 0 m			
Vedenläpäisevyys	2...13 x 10 <sup>-2</sup> m/s	5...60 x 10 <sup>-2</sup> m/s	3...22 x 10 <sup>-2</sup> m/s	1,5...5 x 10 <sup>-2</sup> m/s
Kitkakulma	suuri	19...38 °		
Koheesio	suuri	0...12 kPa		
E-moduuli (staattinen)	1..3 MPa	0,5...3 MPa		

## 5. Ympäristöominaisuudet

### 5.1. Yleistä

CENin raportin mukaan rengaspaalit eivät aiheuta haitallisia päästöjä ilmaan, veteen tai maahan, eikä paalauksesta tule melusaastetta. Rengaspaalit eivät pala helposti, sillä niiden tiheys ja pienentynyt pinta-ala ehkäisevät jo ennestäänkin heikkoa syttymisvaaraa ja ilman puute rakenteessa estää palamisen. Tavanomaiset yksittäiset renkaat eivät syty helposti, mutta sytyttyään niitä on hankala sammuttaa [CEN 2002].

Tavanomaisen henkilöauton renkaan pinta-ala (sisä- ja ulkopinta yhteensä) on noin 1,3 m<sup>2</sup>. Kumipinnan ala kasvaa noin 19 %, kun rengas rouhitaan suurikokoiseksi 10x30 cm<sup>2</sup> -rouheeksi ja jopa 57 %, kun rengas rouhitaan pienikokoiseksi 5x5 cm<sup>2</sup> -rouheeksi. Lisäksi rouheessa tulevat esiin teräslangat ja –kuidut, joiden osuutta ei ole pinta-alalaskelmassa huomioitu. Ravistelutesteissä Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa on käytetty huomattavasti pienempää rouhetta. Tällöin pinta-alaero kokonaisten renkaiden ja rouheen välillä on vielä suurempi. Laboratoriotestit edustavatkin pahinta mahdollista tilannetta liukenevuuden kannalta. Kenttäkokeista saadaan tuloksia, jotka edustavat materiaalin käyttäytymistä todellisissa tilanteissa. Tosin tällöin ei välttämättä pystytä erottelemaan liikenteen tai muiden tekijöiden päästöjä mahdollisista kierrätysmateriaalien päästöistä.

### 5.2. Laboratoriotestit

#### Ravistelutesti (Suomi)

VTT teki vuonna 1997 ravistelutestin 1,5 x 2 cm<sup>2</sup> rengasrouheella. Ravisteluajat olivat viikko ja kuukausi, joiden jälkeen vesifraktioista analysoitiin rouheesta liuenneet aineet ja niiden pitoisuudet sekä verrattiin pitoisuuksia Suomen pohja-, joki- ja järvivesien taustapitoisuuksiin. Kumirouheesta irtosi ravistelutestissä lähinnä pieniä määriä kuparia, sinkkiä, mangaania ja rautaa. Tutkitut PAH -pitoisuudet olivat melko pieniä. Näytteestä liukeni jonkin verran metyyli-isobutyryliketonia, mutta yhdistettä ei ole todettu pieninä pitoisuuksina ympäristölle haitalliseksi (LD<sub>50</sub> -arvo kaloille 460 mg/l). Joidenkin aineiden pitoisuudet kasvoivat ravisteluajan pidentyessä, tosin muutokset saattoivat johtua myös osanäytteiden epähomogeenisuudesta. Karkeiden näytteiden testauksessa on vaikeata saada edustavia osanäytteitä, joissa partikkelien pinta-alat olisivat samat. Tutkimusselostuksessa todetaan, ettei kumirouheesta liukene tämän hetkisen käsityksen mukaan ympäristön kannalta merkittäviä määriä mitään testissä analysoituja epäorgaanisia alkuaineita [VTT 1997].



Taulukko 2. Ravistelutesteissä tutkittujen vesifraktioiden pH, johtokyky (mS/m, 25 °C) ja redox-potentiaali (mV) sekä tutkitusta näytteestä liuenneet haitta-ainemäärät (mg/kg). Ravistelutestissä L/S-suhde oli 10.

	Yksikkö	Ravistelutesti		Pohjavesi /YM 1994/ Keskiarvo	Joki- ja järvesi / YM 1994/	Maaperä /YM 1994/	Järvesi /Mannio et al 1993/	Purovesi /Lahermo 1996/
		Kumirouhe		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
		1 viikko	1 kuukausi					
pH ravistelun jälkeen		7,3	7,4					
johtokyky	mS/m	19,5	105					
redox-potentiaali	mV	380	380					
kupari (Cu)	mg/kg	0,05	0,12	0,0046	0,003	0,025	0,00032	0,00064
sinkki (Zn)	mg/kg	1,0	0,4		0,015	0,070	0,0027	0,0036
kromi (Cr)	mg/kg	< 0,02	< 0,02		0,0007	0,080		0,0005
mangaani (Mn)	mg/kg	3,0	0,6				0,023	0,029
rauta (Fe)	mg/kg	1,0	4,8				0,190	0,680
kokonaisnikki sulfaattina (S-SO <sub>4</sub> )	mg/kg	70	130					
sulfaatti (SO <sub>4</sub> )	mg/kg	65	94					
PAH-yhdisteet	mg/kg	0,03	0,06					
VOC-yhteensä	mg/kg	0,95 <sup>*)</sup>	2,5 <sup>*)</sup>					

<sup>\*)</sup> metyyli-isobutyryliketonia

### Pitoisuudet ja liukoisuustesti (Ruotsi)

Luleån teknillisessä yliopistossa on tutkittu kumirouhetta vuonna 2001 mm. määrittämällä kumirouheen pitoisuudet sekä liukoisuustestillä. Autonrenkaan haitta-aineiden pitoisuuksia on verrattu saastuneen maan raja-arvoihin herkässä ja vähemmän herkässä maankäytössä. Tutkimuksen mukaan kaikki pitoisuudet jäivät Ruotsin haitta-aineille määrittelemien raja-arvojen alle, vaikka rengasrouheessa on huomattavia määriä kuparia, sinkkiä, rautaa ja mangaania [Mácsik & Westerberg 2001].

Taulukko 3. Analysoidut metalli- ja PAH -pitoisuudet rengasrouheessa [mg/rengas-kg].

Haitta-aine	Yksikkö	Määrä	Vertailuarvot	
			KM jord	MKM jord
As	mg/kg TS	< 9,95	15	40
Cd	mg/kg TS	< 1,99	0,4	12
Co	mg/kg TS	< 1,99	30	250
Cr	mg/kg TS	< 1,99	120	250
Cu	mg/kg TS	32,1	100	200
Fe	mg/kg TS	452	-	-
Mn	mg/kg TS	3,51	-	-
Ni	mg/kg TS	< 1,99	35	200
Pb	mg/kg TS	< 9,95	80	300
Zn	mg/kg TS	174	350	700
Syöpää aiheuttavat PAH -yhdisteet	mg/kg TS	24	0,3	40
Muut PAH -yhdisteet	mg/kg TS	38	20	40

KM jord = känslig markanvändning, herkäät käyttökohteet

MKM jord = mindre känslig markanvändning, vähemmän herkäät käyttökohteet

Liukoisuustesti on tehty kahdessa eri olosuhteessa: tislatussa ja tavallisessa vedessä. Kooltaan 2-3 mm näytteitä on ravistettu 24 tunnin ajan 21 °C:n lämpötilassa. Testissä tislattun veden pH oli 7 ja tavallisen veden 13,6. L/S -suhde oli 10. Saatuja tuloksia on tässä testissä verrattu saksalaisiin Berlin -listojen raja-arvoihin. Testissä kuparin, raudan ja sinkin arvot nousivat yli sallittujen raja-arvojen liuoksen pH-pitoisuuden noustessa [Mácsik & Westerberg 2001].

Taulukko 4. Liukoisuustestin tulokset sekä Berlin -listojen raja-arvot.

Haitta-aine	Yksikkö	Tislattuvesi	Vesi	Berlin -lista I vesiensuojelualue	Berlin -lista II jokilaaksoalue	Berlin -lista III alue ilman akviferejä
Ca	mg/l	3,46	< 0,6			
Fe	mg/l	0,284	0,462			
K	mg/l	1,43	9,14			
Mg	mg/l	0,125	< 0,27			
Na	mg/l	3,09	22200			
S	mg/l	2,5	10,1			
Al	µg/l	8,49	901			
As	µg/l	2,27	1,69	40	60	80
Ba	µg/l	10,6	8,08			
Cd	µg/l	0,078	0,12	5	10	15
Co	µg/l	5,33	5,81			
Cr	µg/l	2,95	5,96	20	30	40
Cu	µg/l	5,77	383	40	60	150
Hg	µg/l	< 0,02	0,0386	1	2	3
Mn	µg/l	56,4	5,57			
Ni	µg/l	4,31	1,37			
Pb	µg/l	8,44	48,8	40	50	150
Zn	µg/l	1310	7050	1000	1500	2000
Syöpää aiheuttavat PAH -yhdisteet	µg/l	0,03	< 0,05	0,2		
Muut PAH -yhdisteet	µg/l	11	3,4	10		
pH		7	13,6			

Liukoisuustesti (Yhdysvallat)

Yhdysvaltain Minnesotassa on tehty uudella (renkaat 5-10 v.) ja vanhalla (renkaat 10-15 v.) rengasrouheella sekä asfaltilla tutkimuksia, joissa tutkittiin kyseisistä materiaaleista liukenevia ainemääriä. Laboratorion liukoisuustestien ohjelma sisälsi neljä eri pH-olosuhteita simuloivaa testityyppiä. Liukoisuustesteissä käytettiin näytteiden valmistamiseen USEPA SW-846 –menetelmää (EP Toxicity). Koeolosuhteet olivat seuraavat:

- #1 pH 3,5 (etikkahappoliuos)
- #2 pH 5,0 (etikkahappoliuos)
- #3 0,9 % NaCl-liuos (ei pH –vaatimusta)
- #4 pH n. 8 (liuos NH<sub>3</sub>OH + NH<sub>3</sub>-asetaatti)

Kemialliset analyysit tehtiin laboratoriossa liukenevien metallien (epäorgaaninen analyysi) ja hiilivetyjen (orgaaninen analyysi) osalta. Tulokset sekä eri menetelmillä määritetyt yhdysvaltalaiset raja-arvot on esitetty seuraavissa taulukoissa. Lisäksi testin yhteydessä otettiin vesi- ja maanäytteitä jo olemassa olevista rengasrouhekohteista, jotka sijaitsevat Floodwood:ssa ja Pine Count:ssa. Myös näiden näytteiden metalli- ja hiilivetypitoisuudet määritettiin.

Testeissä kävi ilmi, että metalleja liukenee eniten happamissa olosuhteissa. Huomioitavia metalleja ovat barium (Ba), cadmium (Cd), kromi (Cr), lyijy (Pb), seleeni (Se) ja sinkki (Zn). Aromaattisia ja suoraketjuisia öljyjä liukenee eniten testiolosuhteissa 4 eli pH:n ollessa noin 8. Kaiken kaikkiaan sallitut rajapitoisuudet juomavedelle saavutetaan vain pahimmissa olosuhteissa. Jätteen kaatopaikalle hyväksymis- (co-disposal) ja haitallisen jätteen (ep-toxicity) –kriteerejä ei rengasrouheen liukoisuudella yleensä saavuteta. Kenttäkokeet ja biologinen tutkimus ei tunnistanut merkittävää eroa rengasrouhealueiden ja vertailualueiden välillä koskien tutkittuja maanäytteitä. Toisen koekohteen (Floodwood) vesinäytteissä havaittiin pitoisuuksien kohoamista juomavesikriteeriin verrattaessa. [Twin City Testing 1990, Repo 1997 mukaan]

Taulukko 5. Yhteenveto kemiallisen analyysin tuloksista metallien osalta.

Minnesota Pollution Control Agency, February 19, 1990  
Waste Tire Project 4231-90-177, Page 19

[mg/rengas-kg]

LIUKOISUUSTESTI

Näyte	Tyyppi	pH	Ag	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Fe	Hg	Mg	Pb	S	Se	Sn	Zn
144656	Uusi #1	3,5	ND	2,25	ND	1,08	608,96	0,24	0,31	763,40	ND	7,79	0,92	5,38	0,23	ND	41,04
144659	Vanha #1	3,5	ND	2,02	ND	0,44	23,57	0,27	0,51	1081,08	ND	2,85	ND	7,65	0,44	ND	50,81
144662	Asfaltti	3,5	ND	79,38	ND	16,60	25102	ND	0,18	471,51	ND	10719,2	ND	136,4	2,37	26,68	3,05
145000	Uusi #2	5,0	ND	0,45	0,07	0,44	9,69	0,01	ND	87,55	ND	2,53	ND	5,95	ND	0,16	18,11
145005	Vanha #2	5,0	ND	0,75	ND	0,13	11,24	ND	ND	49,52	ND	1,74	ND	9,33	ND	0,07	37,20
145008	Asfaltti	5,0	ND	3,78	ND	6,88	12100	ND	ND	31,80	ND	3540,00	ND	72,40	ND	0,30	1,26
145010	Uusi #3		ND	ND	ND	0,19	7,80	ND	ND	0,32	ND	1,15	ND	6,52	ND	0,46	3,30
145013	Vanha #3		ND	0,14	ND	0,70	7,28	ND	ND	2,12	ND	1,18	ND	7,96	ND	0,13	13,52
145015	Asfaltti		ND	ND	ND	0,76	250,00	ND	ND	0,40	ND	37,40	ND	11,20	ND	0,56	0,48
145020	Uusi #4	8	ND	ND	ND	1,06	6,85	ND	ND	0,10	ND	0,81	ND	6,52	ND	ND	ND
145021	Vanha #4	8	ND	ND	ND	0,43	9,62	ND	ND	2,87	ND	1,15	ND	10,84	ND	ND	ND
145024	Asfaltti	8	ND	ND	ND	7,88	1846,00	ND	ND	0,32	ND	142,18	ND	16,80	ND	ND	ND

NÄYTTEET KENTTÄKOEISTA

159099	Pine Count, vesinäyte, rakenne	6,1	< 0,01	1,8	< 0,1	< 0,01	14,4	< ,003	< 0,01	4,4	< ,001	2,8	< ,02	633	< 0,1	< 0,05	< 0,01
159114	Floodwood, vesinäyte, rakenne	6,9	< 0,01	180	< 0,1	1,93	1080	0,032	0,35	298	< ,001	383	0,23	737	< 0,1	0,07	0,87
159121	Floodwood, vesinäyte, vertailu	6,6	< 0,01	4,3	< 0,1	0,04	36,6	< ,003	< 0,01	5,8	0,001	6,2	< 0,02	566	< 0,1	< ,05	< 0,01
159117	Floodwood, maanäyte, rakenne		< 0,01	1170	4	45	10700	< 0,2	1,5	2240	< 0,04	1060	< 1,0	1530	0,4	5,5	41
159108	Floodwood, maanäyte, vertailu		< 0,01	4680	< 2	34	4930	< 0,2	8,3	7160	0,04	1530	< 1,0	370	< 1	< 2,5	20
159071	Pine Count, maanäyte, rakenne		< 0,01	3300	< 1	66	6040	< 0,2	5,4	4690	< 0,04	1180	43	1480	0,6	60	123
161251	Maanäyte 1, rakent. alta		< 0,5	3490	< 5	23	659	< 0,2	4,9	5220	< 0,26	630	6,9	84	< 5	< 2,5	170
161254	Maanäyte 2, rakent. alta		< 0,5	3310	< 5	16	759	< 0,6	6	11000	< 0,26	660	31	150	< 5	< 2,5	227



RAJA-ARVOT														
Sallittu pitoisuus juomavedelle (RAL)			0,050	1,500		0,005	0,120	0,300	0,001		0,020		0,045	5,00
Sallittu pitoisuus pintavedelle (Chronic Toxicity Criteria)	0,050	0,147	0,030	1,000		0,001	0,010	0,300	0,001					5,00
Jätteen kaatopaikalle hyväksyminen (Co-disposal Criteria)	0,500		0,100	10,00		0,100	0,500	3,000	0,020	0,500	0,500		0,100	50,00
1. Testimenetelmä/ kriteeri haitallisuudelle (EP Toxicity Criteria)	5,000		5,000	100,0		1,000	5,000		0,200		5,000		1,000	
2. Testimenetelmä/ kriteeri haitallisuudelle (TCLP Criteria)	5,000		5,000	100,0		1,000	5,000		0,200		5,000		1,000	

ND = arvo alle havaitsemisrajan

Taulukko 6. Yhteenveto kemiallisen analyysin tuloksista hiilivetyjen osalta.

Minnesota Pollution Control Agency, February 19, 1990 Waste Tire Project 4231-90-177, Page 22									
LIUKOISUUSTESTI									
Näyte	Tyyppi	pH	Total Petroleum Hydrocarbons		PAH (syöpää aiheuttavat)		PAH (ei syöpää aiheuttavat)		
			418,1 mg/l	Normalized 418,1 mg/kg	Sum of list 1 ng/kg	Normalized sum of list 1 ng/kg	Sum of list 2 ng/kg	Normalized sum of list 2 ng/kg	
144656	Uusi #1	3,5	ND	ND	ND	ND	430	949	
144659	Vanha #1	3,5	ND	ND	230	497	130	281	
144662	Asfaltti	3,5	2,70	0,06	ND	ND	153	3460	
145000	Uusi #2	5,0	ND	ND	200	425	498	1058	
145005	Vanha #2	5,0	ND	ND	88	187	248	527	
145008	Asfaltti	5,0	ND	ND	ND	ND	340	6800	
145010	Uusi #3		ND	ND	339	1354	479	1916	
145013	Vanha #3		ND	ND	100	400	171	684	
145015	Asfaltti		17,50	0,35	36	728	436	8716	
145020	Uusi #4	8	35,50	0,14	790	3159	1271	5083	
145021	Vanha #4	8	31,50	0,13	239	954	605	2421	
145024	Asfaltti	8	25,40	0,51	6	118	317	6330	
ND = arvo alle havaitsemisrajan									
NÄYTTEET KENTTÄKOKEISTA									
159099	P, vesinäyte, rakenne	6,1	0,5		44		2257		
159114	F, vesinäyte, rakenne	6,9	< 0,5		7		12		
159121	F, vesinäyte, tausta	6,6	11,8		3		114		
159117	F, maanäyte, rakenne		NR		< 550 ppb		< 550 ppb		
159108	F, maanäyte, tausta		NR		< 550 ppb		< 550 ppb		
159071	P, maanäyte, rakenne		NR		< 550 ppb		< 550 ppb		
161251	Maanäyte 1, rakent. alta		17,6		< 410 ppb		< 410 ppb		
161254	Maanäyte 2, rakent. alta		55,5		< 430 ppb		< 430 ppb		
RAJA-ARVOT									
Selvittämisaika			0,5		4-20 ppb		4-20 ppb		
Sallittu pitoisuus juomavedelle (RAL)					28		280		
Sallittu pitoisuus pintavedelle (Chronic Toxicity Criteria)					21		280		

5.3. Ulkomaiset koekohteet

Rengasrouhe pohjavedenpinnan yläpuolella

Yhdysvalloissa North Yarmouth:ssä (Route 231) on tutkittu suotoveden pitoisuuksia kohteessa, jossa tierakenteen rengasrouhekerros sijaitsee pohjavesipinnan yläpuolella. Veden pitoisuuksia tutkittiin lysimetristä otetuin näytteenotoin vuosina 1994-1999. Tutkimuksessa tultiin siihen tulokseen, että pohjaveden yläpuolella sijaitsevalla rengasrouheella on hyvin vähäiset vaikutukset veden laatuun. Tutkimuksessa ei löytynyt todisteita, että juomaveden laatuun ensisijaisesti vaikuttavien aineiden bariumin (Ba), kadmiumin (Cd), kromin (Cr), kuparin (Cu), lyijyn (Pb) ja seleenin (Se) pitoisuudet olisivat muuttuneet rengasrouheen takia. Myöskään juomaveden toissijaisesti eli lähinnä esteettisesti vaikuttavien aineiden alumiinin (Al), sinkin (Zn), kloridin (Cl<sup>-</sup>) ja sulfaatin (SO<sub>4</sub>) pitoisuudet eivät poikenneet sallituista arvoista. Myös orgaanisia aineita löytyi vain hyvin vähäinen määrä. Sen sijaan muutamassa näytteessä havaittiin, että rengasrouhe saattaisi aiheuttaa rauta- ja mangaanipitoisuuksien kasvamisen, josta saattaa seurata toissijaisten juomaveden raja-arvojen ylittyminen. Veden pH-arvo vaihteli 6–8 välillä [Humphrey & Katz 2000].

Toisessa tutkimuksessa rengasrouhekohteessa Yhdysvalloissa, Wisconsinissa seurattiin rengasrakenteen läpi virranneiden pintavesien haitta-ainepitoisuuksia vuoden ajan. Pintavesien keräyskohdassa rengasrouhekerroksen paksuus oli 1,5 metriä ja päällysrakenteen paksuus vain 0,3 metriä. Tuloksista



havaitaan barium-, mangaani- ja sinkkipitoisuuksien nousseen tutkimuksen aikana [Eldin and Senouci 1992, Repo 1997 mukaan].

Taulukko 7. Liukoisuustestien tuloksia Wisconsinin koekohteesta.

Haitta-aine	Yksikkö	Lysimetri osassa 2						Lysimetri osassa 5						Wisconsinin raja-arvot
		huhtikuu	toukokuu	kesäkuu	heinäkuu	elokuu	syyskuu	huhtikuu	toukokuu	kesäkuu	heinäkuu	elokuu	syyskuu	
Ba	µg/l	240	240	230	210	360	472	220	210	240	190	270	300	1000/20
Ca	µg/l	190	180	160	140	120	114	200	170	180	110	130	143	/25
Fe	µg/l	0,05	0,05	0,24	0,57	0,26	0,39	1,3	0,05	0,12	0,54	0,53	0,36	/0
Pb	µg/l	3	3	3	3	3	3	9	3	5	4	15	6	50/5
Mg	µg/l	190	180	150	130	120	132	200	150	150	96	110	121	/25
Mn	µg/l	170	200	220	350	2500	2060	230	270	300	200	1700	2310	/50
Na	µg/l	330	290	220	130	86	89	280	220	260	98	120	137	/10
Zn	µg/l	19	12	17	16	12	-	84	46	44	540	560	119	5000/25
Cl	mg/l	-	770	570	300	230	120	-	460	300	130	170	200	/25
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	130	97	130	150	140	110	-	140	140	92	150	180	/25
pH		7,6	7,5	7,6	7,9	7,3	7,5	-	7,7	7,4	7,8	7,5	7,3	-
Emäksisyys	mg/l	381	557	656	722	710	726	-	533	567	625	671	705	/10
Kovuus	mg/l	1300	1100	1000	900	794	828	1300	1100	1100	660	777	855	-
BOD	mg/l	41	15	6	5,2	17	40	-	14	10	39	75	57	/25
COD	mg/l	200	110	84	120	140	230	280	170	220	320	290	390	/25

\*) Raja-arvot on otettu lähteestä Wisconsin Administrative Code, October 1990, Chapter NR 140, 682-686

Rengasrouhe vedenpinnan alapuolella

Yhdysvalloissa (Orono, Maine) on toteutettu rakenne, jossa pohjavedenpinnan alle on sijoitettu 1,4 tonnia rengasrouhetta. Neljä vuotta (1993-1997) kestäneessä tutkimuksessa selvitettiin rengasrouheen vaikutuksia veden laatuun. Kohteessa rengasrouhetta ympäröi kolme eri maatyyppiä: turve, savi ja moreeni. Tulokset osoittavat, että etenkin rauta- ja kromi-, mutta myös mangaani- ja sinkkipitoisuudet olivat kasvaneet tutkimuksen aikana. Arvot eivät ylitä ensisijaisia (terveydellisiä) juomaveden standardeja, eikä pitoisuuksilla ole haitallisia vaikutuksia. Toissijaisiin (esteettisiin) juomaveden luokituksiin verrattuna juuri em. pitoisuudet olivat kasvaneet. Tutkimuksesta käy ilmi, että kohonneet arvot ovat kuitenkin varsin paikallisia ja jo 0,6 - 3 metrin etäisyydellä rouherakenteesta otetuista näytteistä mitattiin arvoja, jotka vastaavat koepaikan taustapitoisuuksia. Muut näytteistä määritetyt aineet olivat Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Cu, Mg, Na ja Pd, joiden arvot vastasivat taustapitoisuuksia. Tutkimuksen mukaan pohjavedenpinnan alle sijoitetun rengasrouheen vaikutukset veden laatuun ovat lähes merkityksettömät [Humphrey & Katz 2002].

Taulukko 8. Oronon koekohteesta otettujen vesinäytteiden haitta-ainepitoisuudet (Fe, Mg, Zn, Cr).

Haitta-aine	PVM	Hav. raja	Pitoisuudet [mg/l]														
			Turvepaikka						Savipaikka				Moreenipaikka				
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	C1	C2	C3	C4	T1	T2, T3	T4	T5	
			rak. yläp.	rouhe	raket. alapuolella (kalteva maasto)				rak. yläp.	rouhe	raket. alapuolella (kalteva maasto)		rak. yläp.	rouhe	raket. alapuolella (kalteva maasto)		
Fe	6/94	0,010	1,8	111	3,2	2,7	1,1	0,1	0,025	69	33	40	14	155	113	19	
Fe	9/94	0,100	0,4	292	4,3	5,9	4,5	3,7	0,057	209	198	15	-	117	-	-	
Fe	11/94	0,100	-	212	8,2	9,2	4,6	9,7	0,076	195	111	75	64	209	120	70	
Fe	4/95	0,100	12	216	12	11	5,7	8,8	0,078	109	77	78	70	213	817	47	
Fe	11/96	0,015	0,7	-	-	0,8	0,9	1,0	-	ND	ND	ND	-	ND	-	ND	
Fe	6/97	0,015	4,8	76	-	5,7	0,8	6,9	-	3,4	0,6	3,9	-	39	-	5,8	
Fe	6/97	0,015	0,2	52	-	1,9	2,3	4,1	-	0,07	4,6	0,7	-	-	-	-	
Mn	6/94	0,005	1,3	1,49	1,88	1,71	1,73	1,86	0,503	1,57	0,984	0,468	0,365	7	2,62	0,89	
Mn	9/94	0,005	1,44	2,83	2,22	1,93	1,85	1,83	1,61	3,88	3,59	2,53	-	5,45	-	-	
Mn	11/94	0,005	-	2,3	2,41	1,77	1,72	1,49	1,9	2,83	2,69	1,36	1,01	4,99	2,71	2,26	
Mn	4/95	0,005	1,37	2,44	2,68	2,1	1,08	1,08	1,34	1,99	1,65	1,06	1,33	5,34	13,5	2,16	
Mn	11/96	0,005	0,405	-	-	0,491	0,473	0,282	-	ND	0,499	ND	-	0,971	-	ND	
Mn	6/97	0,002	0,381	0,686	-	0,25	0,573	0,6	-	0,377	0,372	0,037	-	0,741	-	0,323	
Mn	6/97	0,002	0,329	0,622	-	0,214	0,401	0,504	-	0,316	0,408	0,007	-	-	-	-	
Zn	6/94	0,002	0,014	2,390	0,0252	0,143	0,0665	0,0163	0,1	0,747	0,198	0,0723	0,0427	0,338	0,307	0,0458	
Zn	9/94	0,002	0,040	0,561	0,039	0,019	0,018	0,045	0,167	0,675	0,531	0,341	-	0,569	-	-	
Zn	11/94	0,003	-	0,261	0,017	0,008	ND	0,031	0,152	0,095	0,298	0,132	0,103	0,054	0,276	0,099	
Zn	4/95	0,002	0,028	0,107	0,014	ND	ND	0,010	0,183	0,107	0,171	0,174	0,134	0,205	1,54	0,083	
Zn	11/96	0,007	ND	-	-	ND	ND	0,010	-	ND	ND	ND	-	0,015	-	ND	
Zn	6/97	0,0057	ND	0,096	-	0,010	0,010	0,010	-	0,007	ND	0,011	-	0,024	-	0,027	
Zn	6/97	0,0057	ND	0,013	-	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	-	-	-	-	
Cr	6/94	0,002	0,003	0,017	0,004	0,002	ND	ND	0,049	0,025	0,06	0,066	0,033	0,062	0,249	0,038	
Cr	9/94	0,002	0,005	0,022	0,002	0,004	0,002	0,003	0,101	0,026	0,317	0,231	-	0,085	-	-	
Cr	11/94	0,002	-	0,018	ND	0,008	0,004	0,002	0,114	0,016	0,205	0,105	0,093	0,033	0,248	0,092	
Cr	4/95	0,002	0,010	0,021	0,008	0,005	0,003	0,002	0,128	0,039	0,124	0,118	0,099	0,114	1,24	0,068	
Cr	11/96	0,006	ND	-	-	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	-	ND	-	ND	
Cr	6/97	0,006	ND	ND	-	ND	ND	ND	-	0,008	ND	0,010	-	0,007	-	0,013	
Cr	6/97	0,006	ND	ND	-	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	-	-	-	-	

ND = arvo alle havaitsemisrajan

Prof. Humphrey tähdentää, että rengasrouheen tulisi aina olla puhdas öljyistä, rasvoista, bensiinistä, dieselistä ja muista vastaavista saasteaineista ennen rakentamista, jotta niistä ei liukene suoraan aineita pohjaveteen. Myös rouheen syttymisvaara pienenee, kun materiaali on puhdistettu tulenaroista aineista [Humphrey 2003a, 2003b].



Rengaspaalit vedenpinnan alapuolella

Englantilaistutkija Ken Collins kertoo tuntemiensa projektien perusteella liukenemisen rajoittuvan vain rengaspaalin pintakerrokseen huolimatta siitä kuinka usein paalit joutuvat veden alle. Hän otaksuu liukenemisen teoriassa kasvavan ajan myötä, mutta toisaalta liukenemisen vaikutukset pohjaveden pitoisuuksiin tulevat aina olemaan pienemmät kuin tiellä ajavan liikenteen vaikutukset. Lisäksi mahdollisuudet rengaspaalien aiheuttamiin haitta-ainemäärien muutoksiin orsi- ja pohjavedessä ovat pienemmät kuin rengasrouheella, sillä rengasrouheessa teräskuidut ovat suojattomina, kun taas rengaspaaleissa langat ovat täysin piilossa ja suojattuna kumin sisällä [Collins 2003].

**5.4. Kotimaiset koekohteet**

Suomessa rengaspaaleja ei ole vielä käytetty. Rengasrouhetta on sen sijaan testattu mm. tierakenteessa tulva-alueella (Pt 11863 Ilola-Sannainen, Porvoo), laiturin keventävänä ja kantavana rakenteena (Turun satama) sekä kuivatusrakenteena (Kierrätystermiinali – Oulu; linatin kaatopaikka – Oulu; Lassila & Tikanojan teollisuuskaatopaikka - Kerava). Kokonaisia renkaita on käytetty sellaisenaan täytteenä meluvallissa (E18, Porvoo).

Ilola-Sannaisten rengasrouhetta sisältävässä tierakennuskohteessa ympäristön tilaa on seurattu vuodesta 1997 lähtien rakenteessa sijaitsevista lysimetreistä, pohjavedestä ja vieressä virtaavasta Ilolanjoesta otettujen näytteiden avulla. Näytteistä on analysoitu mm. raskasmetallien, raudan, mangaanin, sulfaatin ja polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH) pitoisuudet. Tulosten perusteella rengasrouheeseen suorassa yhteydessä olevaan orsiveteen liukenee jossain määrin rautaa, mangaania, sulfaatteja ja PAH-yhdisteitä, joiden pitoisuudet ovat ylittäneet juomavedelle asetetut teknis-esteettiset arvot. Määritetyistä metallien pitoisuuksista ei kuitenkaan ole juomavedessä terveydellistä haittaa. Sulfaattien liukeneminen on ollut melko tasaista rakentamisen alusta lähtien, kun taas raudan, mangaanin ja PAH -yhdisteiden pitoisuudet ovat vaihdelleet. Suurimmillaan edellä mainittujen kolmen aineen pitoisuudet ovat olleet 2-4 vuotta rakentamisen jälkeen, jonka jälkeen arvot ovat pienentyneet. Orsiveden pH on vaihdellut seurannan aikana 3,5 ja 7,5 välillä.

Alueen pohjavedessä on ollut alun perin normaalia korkeammat pitoisuudet kuparia, lyijyä, rautaa, mangaania ja PAH-yhdisteitä. Vaikka seuranta-ajalla raudan, mangaanin ja PAH-yhdisteiden määrä on vaihdellut sekä lyijypitoisuus laskenut pohjavesinäytteissä, ei teoriassa eikä tutkimusten mukaan orsiveteen liuenneet aineet pääse kuitenkaan savikerroksen läpi sen alla olevaan pohjaveteen. Sen sijaan orsiveteen liuenneet aineet pääsevät Ilolanjokeen, jossa on havaittu raudan, mangaanin ja PAH-yhdisteiden arvojen kohoamista. Rengasrouherakenteen laskennallinen kuormitus on kuitenkin pieni: mangaanin aiheuttama pitoisuuden lisäys Ilolanjoessa on  $6...30 \times 10^{-6}$  mg/l, raudan  $1...60 \times 10^{-5}$  mg/l, sulfaattien  $3...14 \times 10^{-4}$  mg/l ja PAH -yhdisteiden  $4...40 \times 10^{-4}$  ng/l. Seuraavissa taulukoissa on esitetty tutkimuksista saadut tulokset [Tiehallinto 2003].

Taulukko 9. Ilola-Sannainen, lysimetrikaivon vesinäyteanalyysitulokset.

Haitta- aine	Yks.	11/97 näyte 1	11/97 näyte 2	5/98	10/98	5/99	10/99	2/00	05/00	01/01	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset [Sosiiali- ja terveysministeriön päätös N:o 74, v. 1994]	07/01	11/01	11/02	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset [Sosiiali- ja terveysministeriön päätös N:o 461, v. 2000]		
											tervey- delliset	tekni- s- esteettiset				Laatu- vaatimukset	Laatu- tavoitteet
Cr	mg/l	0,005	0,005	0,004	0,005	<0,002	<0,001	0,006	0,001	<0,001	0,05		<0,001	<0,001	<0,001	0,050	
Cu	mg/l	0,044	0,031	0,025	0,047	0,13	0,010	<0,002	0,003	0,039	--	1	0,010	0,003	0,002	2,0	
Zn	mg/l	0,12	0,068	0,91	0,15	0,17	0,010	0,005	0,007	0,0443	--	3	0,018	0,007	0,020	--	--
Pb	mg/l	<0,001	<0,001	0,005	0,004	<0,002	<0,001	<0,005	<0,000 5	0,0018	0,01		<0,001	<0,000 5	<0,000 5	0,010	
Mn	mg/l	1,2	1,2	4,7	3,7	1,7	2,2	0,003	0,008	5,6	--	0,05	4,4	2,7	2,0	--	0,050
Fe	mg/l	0,23	0,22	84	6,5	0,005	20	21	120	12,7	--	0,2	28	2,3	2,1	--	0,200
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	370	380	600	590	215	79	63	860	650	--	<sup>2)</sup> 150	650	360	330	--	250
pH	-	7,5	7,4	6,46	5,93	6,5	7,0	7,0	6,6	3,4	--	<sup>2)</sup> 6,5-9,5	3,4	5,1	5,9	--	6,5-9,5
Sähkön- johtavuus	mS/ m	152	152	146	128	58	74	80	190	170	--	<sup>2)</sup>	160	87	90	--	250
Redox- potentiaali	mV	222	223	108	164	-	-114	77	-45	-	--	--	+445	W12	415	--	--
Kiintoaine	mg/l							74					8	15	3		
PAH- yhdisteet (kok. pitoisuus )	ng/l	174,2	184,6	98,6	207,2	200	804	815,19	299	379	<sup>3)</sup> 200		65,2	200	104	<sup>3)</sup> 100	



<sup>3)</sup> PAH-yhdisteet	ng/l	11,2	10,1	5,6	8,3		72,87	n,d	n,d	16	200		ND	ND	ND	<sup>3)</sup> 100	
<sup>4)</sup> Benzo(a)pyreeni	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002		<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<sup>4)</sup> 0,7		<0,003	<0,003	<0,003	<sup>3)</sup> 0,010	

- 1) 11/97 otettiin keräyskaivosta kaksi näytettä  
2) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: tavoite-arvot turvattaessa talousveden hyvä laatu: sulfaatti < 50, sähköjohtavuus < 40, pH 7,0-8,8.  
3) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, benzo(a)pyreenistä, indeno(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni  
4) WHO Guideline (tulokset 1997-2000)  
5) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 461/2000: benzo(b)fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, indaano(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni  
ND = ei todettu

Taulukko 10. Ilola-Sannainen, pohjavesiputken pl. 1060 vesinäyteanalyysitulokset.

Haitta-aine	Yks.	8/97 "0-näyte"	11/97 näyte 1	11/97 näyte 2	5/98	10/98	5/99	10/99	2/00	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset		Pohjaveden laatu Raakavetenä
										Terveydelliset	Teknis-esteettiset	
Cr	mg/l	0,003	0,006	0,003	0,003	0,004	<0,002	0,002	0,006	0,05		
Cu	mg/l	0,022	0,057	0,03	0,13	0,31	0,012	0,029	<0,002	—	1	
Zn	mg/l	0,08	0,44	0,22	0,61	0,31	0,30	0,014	0,003	—	3	
Pb	mg/l	0,084	0,058	0,031	0,021	0,021	0,003	<0,001	<0,005	0,01		Sopimaton jos > 50 µg
Mn	mg/l	0,044	0,33	0,71	0,91	1,1	0,018	0,81	0,93	—	0,05	
Fe	mg/l	1,4	2,2	2,2	2,4	2,7	0,41	<0,25	0,029	—	0,2	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	26,9	22	17	20	1,1	15,7	8,0	<1	—	<sup>2)</sup> 150	
pH	-	7,06	7,29	7,32	7,55	7,7	6,6	7,2	7,5	—	<sup>2)</sup> 6,5-9,5	
Sähkönjohtavuus	mS/m	23,4	72,7	160	210	267	16	170	226	—	<sup>2)</sup>	Huono >30, < 50 mS/m
Redox-potentiaali	mV	310	280	174	333	257	-	-59	56	—	—	Huono < 200 mV
PAH-yhdisteet	ng/l	56,5	186,5	71,2	19,4	47,7	<50	582	289,45	<sup>3)</sup> (200)		
<sup>3)</sup> PAH-yhdisteet	ng/l	20,3	12,1	11,7	2,4	4,6		55,02	10,26	200		
<sup>4)</sup> Benzo(a)pyreeni	ng/l									<sup>4)</sup> 700		

- <sup>1)</sup> 11/97 otettiin keräyskaivosta kaksi näytettä  
<sup>2)</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: tavoite-arvot turvattaessa talousveden hyvä laatu: sulfaatti < 50, sähköjohtavuus < 40, pH 7,0-8,8.  
<sup>3)</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, benzo(a)pyreenistä, indeno(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni  
<sup>4)</sup> WHO Guideline (tulokset 1997-2000)  
<sup>5)</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 461/2000: benzo(b)fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, indaano(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni  
ND = ei todettu

Taulukko 11. Pohjavesiputken pl 1080 vesinäyteanalyysitulokset 2000-2002 ja jokiveden laatu 2001-2002.

Haitta-aine	Yks.	2/00 Putki pl 1080	05/00 Putki pl 1080	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset [Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 74, v. 1994]		07/01 Putki pl 1080	11/01 Putki pl 1080	11/02 Putki pl 1080	11/01 Jokivesi PI 1060 (26.11.01)	11/01 Jokivesi Piste 1060 (27.11.01)	11/02 Jokivesi PI 1060 (4.11.02)	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset [Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 461, v. 2000]	
				Terveydelliset tai laatuvaatimukset	Teknis-esteettiset/laatusuosituks							Laatuvaatimukset	Laatu-tavoitteet
Cr	mg/l	<0,002	0,003	0,05		0,004	0,002	<0,001	0,001	-	<0,001	0,050	
Cu	mg/l	0,003	0,002	—	1	0,001	0,001	0,001	0,005	-	0,003	2,0	
Zn	mg/l	0,003	0,004	—	3	0,002	0,002	0,003	0,008	-	0,003	—	—
Pb	mg/l	0,010	<0,0005	0,01		<0,0005	<0,0005	<0,005	<0,0005	-	<0,0005	0,010	
Mn	mg/l	0,08	0,57	—	0,05	0,28	0,19	0,24	0,12	-	0,046	—	0,050
Fe	mg/l	0,006	0,17	—	0,2	0,15	0,053	0,37	0,37	-	1,1	—	0,200
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	48	31	—	<sup>2)</sup> 150	23	18	18	28	-	27	—	250
pH	-	7,6	7,2	—	<sup>2)</sup> 6,5-9,5	7,3	7,1	7,5	6,9	-	7,4	—	6,5-9,5
Sähkönjohtavuus	mS/m	48	81	—	<sup>2)</sup>	73	60	84	16	-	30	—	250
Redox-potentiaali	mV	-28	+4	—	—	-39	W19	196	W17	-	428	—	—
PAH-yhdisteet	ng/l	246,98	123,26	<sup>3)</sup> (200)		23,2	32	112	180	11	58	<sup>3)</sup> (100)	
<sup>3)</sup> PAH-yhdisteet	ng/l	9,18	15,56	<sup>3)</sup> 200		ND, <40	ND, <40	ND, <40	ND, <40	ND, <40	ND, <40	<sup>3)</sup> 100	
<sup>4)</sup> Benzo(a)pyreeni	ng/l			<sup>4)</sup> 700		ND, <3,0	ND, <3,0	ND, <3,0	4,6	ND, <10	4,8	<sup>3)</sup> 10	

- <sup>1)</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: tavoite-arvot turvattaessa talousveden hyvä laatu: sulfaatti < 50, sähköjohtavuus < 40, pH 7,0-8,8.  
<sup>2)</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, benzo(a)pyreenistä, indeno(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni  
<sup>3)</sup> WHO Guideline (tulokset 1997-2000)  
<sup>4)</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 461/2000: benzo(b)fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, indaano(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni. Benzo(a)pyreenille asetettu laatuvaatimus 0,010 µg/l.  
<sup>5)</sup> Jokivesi, analyysin tehnyt Paavo Ristola Oy  
ND = ei todettu, W = analyysin tulos epävarma

Tiellä E18 Porvoo – Koskenkylä on käytetty kokonaisia renkaita meluvallien täyteenä. Rakenne valmistui vuonna 2001, jonka jälkeen rakenteessa olevan veden sekä pohja- ja kaivovesien laatua on seurattu näytteenotoin. Asiantuntijoiden (Fundus Oy) alustavan suullisen tiedon mukaan renkaista ei ole liuennut veteen haitallisia aineita. Ensimmäinen virallinen tiedonanto valmistuu vuoden 2003 aikana.



Vuonna 1999 rakennetussa kehä II:n meluvallissa on käytetty rengasrouhetta (RR1/ kappalekoko 100-300 mm) kevyenä pengertäytteenä. Ympäristövaikutuksia on seurattu rakentamisen jälkeen kolmen vuoden ajan orsivedestä, pohjavedestä ja sadevesikaivosta otetuin näyttein. Mittausten mukaan rengasrouheesta liukeni pieniä määriä metalleja ja PAH-yhdisteitä. Määrät pienenivät seurantajakson loppua kohti ja seuranta lopetettiin. Tulokset näytteidenotoista on esitetty taulukoissa 12-14 [Tieliikelaitos 2002].

Taulukko 12. Kehä II, siiviläkaivon näytetulokset.

Haitta- aine	yks.	9.6.1999	3.1.2000	24.2.2000	4.5.2000	19.10.2000	29.3.2001	3.12.2001	7.5.2002	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset Laatu- vaatimukset	Laatu- suositukset	Pohjaveden laatu Raakavetenä
pH			6,8	4,0	-	-	-	-	-			
kromi	mg/l	0,005	0,009	7,2	0,008	0,026	0,16	0,002	0,008	0,05		
kupari	mg/l	<0,004	0,008		0,004	0,005	0,034	0,004	0,004	2,0		
sinkki	mg/l	0,630	0,013		0,019	0,020	0,33	0,067	0,060	-	-	
lyijy	mg/l	<0,0001	<0,001		<0,0005	0,001	0,007	<0,0005	<0,0005	0,01		sopimaton, jos > 50 µg
sulfaatti	mg/l	520	1100	470	440	73	53	630	280		250	
Kokonais- PAH- yhdisteet	ng/l	<50	<1000	926,02	385,13	853,49	1115,0	720	692	(200/ 100*)		
PAH- yhdisteet*	ng/l			14,71	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	200/ 100*		
Bentso(a)- pyrene	ng/l			<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<3,0	3,6	0,7 µg/l (~700 ng/l**)		

\* PAH-yhdisteet: 19.5.2000 jälkeen: Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (19.5.2000): tarkoitett PAH-yhdisteet ovat benso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)perylenei, indaani(1,2,3-cd)pyreeni

ennen 19.5.2000: Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74: tarkoitett PAH-yhdisteet ovat fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(a)pyreeni, indeno(123-cd)pyreeni ja bentso(ghi)perylenei

\*\* WHO Guideline

Taulukko 13. Kehä II, sadevesikaivon vesinäytetulokset.

Haitta- aine	yks.	21.4.1999 "0-näyte"	9.6.1999	14.10.1999	4.5.2000	19.10.2000	29.3.2001	3.12.2001	7.5.2002	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset Laatu- vaatimukset	Laatu- suositukset	Pohjaveden laatu Raakavetenä
kromi	mg/l	0,00072	<0,003	<0,001	<0,002	0,006	0,019	0,001	0,001	0,05		
kupari	mg/l	0,005	<0,005	0,007	0,005	0,030	0,20	0,007	0,007	2,0		
sinkki	mg/l	0,00904	0,010	0,008	0,043	0,40	0,79	0,051	0,045	-	-	
lyijy	mg/l	0,00008	<0,0001	<0,001	<0,0005	0,002	0,009	<0,0005	<0,0005	0,01		sopimaton, jos > 50 µg
sulfaatti	mg/l	24	29	36	28	55	20	40	29		250	
Kokonais- PAH- yhdisteet	ng/l	<100	<50	427,98	169,42	85,09	134,5	64	202	(200/ 100*)		
PAH- yhdisteet*	ng/l			78,00	17,70	N.D.	8,2	N.D.	12	200/ 100*		
Bentso(a)- pyrene	ng/l			<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	<3,0	8,0	0,7 µg/l (~700 ng/l**)		

\* PAH-yhdisteet: 19.5.2000 jälkeen: Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (19.5.2000): tarkoitett PAH-yhdisteet ovat benso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)perylenei, indaani(1,2,3-cd)pyreeni

ennen 19.5.2000: Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74: tarkoitett PAH-yhdisteet ovat fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(a)pyreeni, indeno(123-cd)pyreeni ja bentso(ghi)perylenei

\*\* WHO Guideline

Taulukko 14. Kehä II, pohjavesiputken vesinäytetulokset.

Haitta- aine	yks.	21.4.1999 "0-näyte"	9.6.1999	14.10.1999	24.2.2000	4.5.2000	19.10.2000	29.3.2001	3.12.2001	7.5.2002	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset Laatu- vaatimukset	Laatu- suositukset	Pohja- veden laatu Raaka- vetenä
pH					6,5	-	-	-	-				
kromi	mg/l	0,00029	<0,003	<0,001		<0,002	0,003	0,021	<0,001	<0,001	0,05		
kupari	mg/l	0,00244	<0,004	0,005		0,009	0,021	0,035	0,011	0,011	2,0		
sinkki	mg/l	0,0165	0,030	0,033		8,89	10	240	25	14	-	-	
lyijy	mg/l	0,00004	<0,0001	<0,001		<0,0005	0,001	0,002	<0,0005	<0,0005	0,01		sopimaton, jos > 50 µg
sulfaatti	mg/l	22	32	130	230	170	450	230	300	270		250	
Kokonais- PAH- yhdisteet	ng/l	<100	<50	823,38	185,93	155,26	161,05	111,1	70	102	(200/ 100*)		
PAH- yhdisteet*	ng/l			249,33	8,24	17,45	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	200/ 100*		
Bentso(a)- pyrene	ng/l			11,25	<2,7	<2,7	<2,7	<2,7	N.D. (<3,0)	N.D. (<3,0)	0,7 µg/l (~700 ng/l**)		

\* PAH-yhdisteet: 19.5.2000 jälkeen: Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (19.5.2000): tarkoitett PAH-yhdisteet ovat benso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)perylenei, indaani(1,2,3-cd)pyreeni

ennen 19.5.2000: Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74: tarkoitett PAH-yhdisteet ovat fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(a)pyreeni, indeno(123-cd)pyreeni ja bentso(ghi)perylenei

\*\* WHO Guideline

Östersundomiin maantien 170 viereen rakennettiin vuonna 2003 kevyenliikenteenväylä, jossa käytettiin kevennemateriaalina rengasrouhetta. Rakenteesta liukenevien aineiden määriä on seurattu ennen rakentamista, sen aikana ja jälkeen. Tuloksia on verrattu Sosiaali- ja terveysministeriön päätökseen

N:o 461 vuodelta 2000 koskien talousveden laatuvaatimuksia. Tutkimustulosten mukaan ennen rakentamista pohjavesikaivoista ja Kvärnbäckin uomasta otetuissa näytteissä havaittiin rauta- ja mangaanipitoisuuksien ylittävän talousvedelle asetetut laatuvaatearvot. Lisäksi kahdessa pohjavesinäytteessä havaittiin korkeita sinkkipitoisuuksia. Rakentamisen aikana ja jälkeen otetuissa näytteissä havaittiin raudan ja magnesiumin ylittävän yhä talousvedelle asetetut laatuvaatearvot, mutta toisaalta arvot ovat pysyneet lähes samoina edellisten näytteiden pitoisuuksien kanssa. Näytteistä havaitut PAH –yhdistepitoisuudet alittavat määritysrajat, jotka ovat tutkittavasta aineesta riippuen 0,05; 0,50 tai 1,00 µg/l. Muut tutkitut haitta-ainearvot ovat olleet pienempiä kuin talousvedelle asetetut laatuvaatimusraja-arvot (taulukko 15).

Taulukko 15. Mt 170, kevyenliikenteenväylä, ympäristöseurannan tulokset vuodesta 2002 lähtien.

Haitia-aine	yks.	Putki A			Putki B			Putki C			Putki D			Uoma				Kaivo 4440	Kaivo 4740	Taloukselle asetetut laatuvaatimukset [Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 461, v.		Enimmäispitoisuudet talousvedessä [Ympäristöministeriön muistio 5/1994]	Saastuneen maan raja-arvot [Ympäristöministeriön muistio 5/1994] [µg/kg]
		huhti 02	huhti 03	syys 03	huhti 02	syys 03	huhti 02	huhti 03	syys 03	huhti 02	syys 03	huhti 02	syys 03	huhti 02	huhti 03	syys 03	syys 03	syys 03	Laatu-vaatimukset	Laatu-suositukset			
04/2003 kaivo kuiva, ei näytettä																							
Hopea Ag	µg/l	0,1	<0,1	0,01	0,04	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
Alumiini Al	µg/l	9570	<25	6,07	1410	35,5	60	<1	<1	5650	<1	503	819	211	3,43	3,67							
Arseeni As	µg/l	8,02	2,16	2,07	2,59	3,13	5,72	11,9	4,74	1,2	<0,05	0,27	1,17	0,58	1,11	0,9					10	50000	
Boori B	µg/l	75	35,6	74,7	71,1	61,1	42,8	38	37,9	18,9	359	10,9	41,7	20,1	65,2	100					300		
Barium Ba	µg/l	121	246	42,3	65,8	49,7	97,6	87,1	86	63,4	409	15,1	16,4	26,9	84,6	64,4					700	2000000	
Kadmium Cd	µg/l	0,12	<0,15	0,03	0,19	<0,02	0,04	0,02	<0,02	0,09	<0,02	0,05	0,35	0,05	0,08	<0,02					5	20000	
Kromi Cr	µg/l	12,2	<5	<0,2	1,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	8,88	<0,2	0,57	0,71	4,07	11,3	7,72	50					800000	
Kupari Cu	µg/l	13,1	<2,5	<0,1	6,19	2,27	0,75	<0,1	0,19	9,03	7,36	1,47	10,4	1,33	2,44	<0,1	2000				1000	500000	
Kalium K	mg/l	11,7	14	11,2	7,43	10,1	9,73	10,5	11,6	4,1	50,4	1,45	20,8	5,15	24,8	29,7							
Molybdeeni Mo	µg/l	16,3	1,07	13,2	1,52	1,7	1,34	1,04	1,23	0,54	0,41	0,16	0,59	0,21	5,68	6,04					70	200000	
Nikkeli Ni	µg/l	10,4	12,3	0,92	6,96	2,71	8,98	3,09	1,57	8,22	1,48	3,26	19	4,85	10,1	2,97					20	500000	
Lyijy Pb	µg/l	128	0,25	8,12	93,4	15,4	0,24	<0,05	<0,05	13,3	<0,05	0,26	1,41	0,2	<0,05	<0,05	10				10	600000	
Antimoni Sb	µg/l	1,58	<0,5	0,15	0,22	0,15	0,28	0,06	0,04	0,13	0,03	0,11	0,34	0,09	0,45	0,45					5		
Seleen Se	µg/l	1,08	<25	<0,5	0,77	1,23	1,02	0,58	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,84	1,23					10		
Uraani U	µg/l	23,2	0,8	17,9	2,24	0,56	7,25	2,75	2,4	1,48	0,2	0,15	0,93	0,15	266	837							
Kalsium Ca	mg/l	17,4	116	20,3	31,9	24	68,2	72,9	68,1	6,63	89,9	5,15	18,2	11,8	97	91,2							
Rauta Fe	mg/l	4,18	29	0,04	8,59	9,16	1,59	2,86	0,31	3,04	0,45	0,36	0,62	0,63	0,15	0,34			0,2				
Magnesium Mg	mg/l	7,8	19	8,59	8,79	10,2	24,6	26,6	26	4,34	149	1,88	8,01	5,95	21,4	31,4							
Mangaani Mn	mg/l	0,196	0,93	0,17	0,574	0,43	0,932	1,04	1,12	0,135	2,52	0,072	0,41	0,05	1,69	1,22			0,05				
Natrium Na	mg/l	62,7	590	70,9	66,7	123	62,3	60,2	66,9	17,5	1170	5,03	28,4	28,1	828	148							
Rikki S	mg/l	12,5	35,2	11,7	6,38	6,33	37,4	44,9	42,7	5,37	0,53	4,92	26	15,4	43,2	46,6							
Pii Si	mg/l	8,23	5,25	4,58	7,47	7,62	8,12	8,96	9,16	7,45	19,3	5,95	4,69	5,39	9,72	6,84							
Sinkki Zn	µg/l	60,1	24400	9,96	5900	30000	17,8	10	12,4	1340	101	8,54	100	7,29	6330	79,4					3000	3000000	
pH		7,7	5,79	7,6	7,5	6,7	6,7	7,14	7,2	6,9	7,1	6,1	6,56	6,4	7	7			6,5-9,5				
Kloori Cl	mg/l	39	1110	49	99	181	88	103	112	23	1820	6,3	48,2	44	85	162							
Sulfaatti SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	32	100	34	15	16	91	118	122	14	0,6	14	72,9	42,8	125	111			250				
PAH-yhdisteet																							
1. naftaleeni	µg/l	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05						<0,05		<0,05		<0,05						50000	
2. asenaftyleeni	µg/l	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05						<0,05		<0,05		<0,05						-	
3. asenaftaleeni	µg/l	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05						<0,05		<0,05		<0,05						-	
4. fluoreeni	µg/l	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05						<0,05		<0,05		<0,05						100000	
5. fenantreeni	µg/l	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05						<0,05		<0,05		<0,05						50000	



6. antraseeni	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05						<0,05	<0,05	<0,05				100000
7. fluoranteeni	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05						<0,05	<0,05	<0,05				100000
8. pyreeni	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05						<0,05	<0,05	<0,05				100000
9. bentso(a)ant raseeni	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05						<0,05	<0,05	<0,05				10000
10. kryseeni	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05						<0,05	<0,05	<0,05				10000
11. bentso(b)flu oranteeni	µg/l	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50						<0,50	<0,50	<0,50				-
12. bentso(k)flu oranteeni	µg/l	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50						<0,50	<0,50	<0,50				10000
13. bentso(a)pyr eeni	µg/l	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50						<0,50	<0,50	<0,50				10000
14. indeno(1,2,3 -cd)pyreeni	µg/l	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00						<1,00	<1,00	<1,00				-
15. dibentso(a,h )antraseeni	µg/l	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00						<1,00	<1,00	<1,00				10000
16. bentso(g,h,i) perylenei	µg/l	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00						<1,00	<1,00	<1,00				-
PAH yhteensä	µg/l	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00						<1,00	<1,00	<1,00	*) 0,1			200000

\*) bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni ja bentso(g,h,i)perylenei  
< pitoisuus alle määntysrajan

5.5. Vertailukohteita

Taulukosta 16 käy ilmi, että Suomen järvissä, joissa ja pohjavesissä on jo jonkin verran niin kutsuttuja haitta-aineita. Näitä pitoisuuksia kutsutaan taustapitoisuuksiksi ja niiden määrät ovat yleensä varsin pienet.

Taulukko 16. Suomen pohja-, joki- ja järvivesien taustapitoisuudet.

Haitta-aine	Yksikkö	Maaperä /YM 1994/	Joki- ja järvivesi /YM 1994/	Pohjavesi /YM 1994/		Järvivesi /Mannio et al 1993/	Purovesi /Lahermo 1996/
				Keskiarvo	Mediaani	Mediaani	Mediaani
Alumiini	µg/l					38	95
Antimoni	µg/l	0,5	< 0,1				0,028
Arseeni	µg/l	5	4				0,36
Barium	µg/l	500	20				10,0
Beryllium	µg/l	3	0,1				< 0,1
Boori	µg/l	30	10				
Elohopea	µg/l	0,05	0,05				2,78
Fluoridi	µg/l	400	1	420	100		80
Kadmium	µg/l	0,3	0,02	0,5	0,5	0,02	< 0,02
Koboltti	µg/l	10	0,2				0,17
Kromi	µg/l	80	0,7				0,50
Kupari	µg/l	25	3	4,6	2	0,32	0,64
Lyijy	µg/l	17	3	1,2	1	0,08	0,23
Mangaani	µg/l					23	29
Molybdeeni	µg/l	1,2	0,5				0,15
Nikkeli	µg/l	20	0,3			0,19	0,52
Rauta	µg/l					190	680
Seleen	µg/l	0,3	< 0,2	322	100		0,067
Sinkki	µg/l	70	15			2,7	3,6
Tallium	µg/l	0,5	0,04				< 0,015
Tina	µg/l	4	< 0,01				
Uraani	µg/l	2,7	0,04	21,2	1		0,073
Vanadiini	µg/l	90	0,9				0,53

Liikenteen päästöt ovat huomattava ympäristöä kuormittava tekijä. Esimerkiksi tässä 1,1 kilometrin pituisessa suunnittelukohteessa keskimääräiset, laskennalliset pakokaasupäästöt vuotta kohden ovat seuraavat, kun tien keskimääräinen vuorokausiliikenne on 6729 ajoneuvoa [Tieliikelaitos 2003]:

Typen oksidit (NO <sub>x</sub> )	4 400 kg/vuosi
Hiilivedyt (HC)	700 kg/vuosi
Hiilioksidi (CO)	4 300 kg/vuosi
Hiukkaset	600 kg/vuosi
Hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> )	660 000 kg/vuosi

Liikenne aiheuttaa pakokaasupäästöjen lisäksi myös kumipölypäästöjä. Hollantilaisen TNO:n mukaan päästöt ovat 0,02-0,03 g/km/rengas. Tällöin 1,1 km pituisen suunnittelualan vuotuiset kumipölypäästöt nykyisillä liikennemäärillä ovat luokkaa 216-324 kg/vuosi.



## 6. Koekohteen ympäristölliset ominaispiirteet

### 6.1. *Natura-alue*

Suunnittelualueen eteläpuolella sijaitsee Kapellvikenin lintuvesialue, joka on osa Mustavuoren lehto ja Östersundomin lintuvedet –nimistä Natura 2000-aluetta (koodi FI0100065). Kapellvikenin alue on suurin Östersundomin lintuvesialueista ja koostuu useasta toisiinsa yhteydessä olevasta lahdenpoukamasta. Aluetta halkovat tiet ja se on asutuksen ympäröimä. Tiheä ruovikko ja vaikeasti lähestyttävät avovesialueet tarjoavat kuitenkin suojaa linnustolle. 1980-luvun laskennoissa alueella on pesinyt 60 lintulajia ja 585 paria. Hallitsevimpana ryhmänä ovat olleet ruovikkolajit. Alue kuuluu kansalliseen lintuvesiensuojeluohjelmaan ja se on toteutettu vesilain ja/tai luonnonsuojelulain nojalla. Aluetta ei ole tarkennettu luonnonsuojelualueeksi, joten tarkkaa rajausta alueen reunoista ei vielä ole. Näin ollen Kapellvikenin alue rajautuu maantien 170 tiealueen eteläreunaan liitteenä olevan kuvan mukaisesti.

Lintuvesiensuojeluohjelman tavoitteena on siihen sisältyvien alueiden säilyttäminen mahdollisimman luonnonvaraisina sekä suojella kosteikkoja. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että luonnontilaa ja suojelutavoitteita heikentäviä toimenpiteitä, kuten kuivattamista ja säännöstelyä tulee välttää ja tarvittaessa estää.

Suunnitellun rakennushankkeen tarkoituksena on korvata tien perinteinen rakennemateriaali, sora, kevyemmällä materiaalilla eli rengaspaaleilla sekä nostaa tien tasausviivaa tulvarajan yläpuolelle. Rakenteen parantaminen ei vaadi ylimääräistä rakennustilaa vaan kaikki toimenpiteet tehdään tiealueella. Uusi rakenne ei patoa tien pohjoispuolella olevia valumisvesiä vaan ne pääsevät virtaamaan Kapellvikenin lahteen, jolloin lahdenpoukaman kosteusolot säilyvät ennallaan. Koti- ja ulkomaisten tutkimusten mukaan rouhituista renkaista irtoaa pieniä, mutta ympäristölle haitattomia määriä rautaa, mangaania ja PAH-yhdisteitä. Kokonaisten renkaiden ja rengaspaalien yhteydessä pitoisuudet ovat olleet vielä pienemmät. Nykyisen käsityksen mukaan rengaspaalikevennys ei heikennä niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi Natura-alue on perustettu. Koska paalirakenteet ovat kuitenkin uusia Suomessa, seurataan mahdollisia haitta-ainepitoisuuksia rakenteessa ja sen ympärillä rakentamisen aikana ja sen jälkeen.

### 6.2. *Pintavesi*

Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri (nyk. Uudenmaan ympäristökeskus) on antanut lausunnon 4.8.1993 koskien Kvarnbäckin siltaa. Lausunnossa todetaan Kvarnbäckin sillan valuma-alueen olevan pinta-alaltaan 7,7 km<sup>2</sup>, josta on 0,7 % järviä. Suurin osa valuma-alueesta sijaitsee moottoritien pohjoispuolella (kuva liitteenä). Keskimäärin kerran kahdessakymmenessä vuodessa sattuvan suuren ylivirtaaman arvioidaan olevan  $HQ_{1/20} = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , joka vastaa ylivalumaa 235 l/s·km<sup>2</sup>. Siltapaikalla puro on meriveden kanssa samalla korkeudella. Myös yliveden korkeus on likimain sama kuin meriveden maksimikorkeus eli +1,3 m. Puron pohjan korkeus on noin -0,2 m.

### 6.3. *Pohjavesi*

Alueella ei ole merkittävää pohjavesiesiintymää, eikä alueen pohjavettä käytetä. Lähistöllä ei ole myöskään talousvesikaivoja, jotka olisivat pohjaveden virtaussuunnassa kohteen tasolla tai alempana. Alueen vähäinen pohjavesi sijaitsee noin 10-25 metriä paksun, heikosti vettä läpäisevän savikerroksen alapuolella. Savikerroksen vuoksi pinta- ja pohjavedet eivät ole kosketuksissa toisiinsa.

## 7. Johtopäätökset

- Tutkimuksissa, jotka on tehty suomalaisissa rengasrouhetta sisältävissä rakenteissa, on todettu joitain pohjavesille asetettujen raja-arvojen ylityksiä.
- Kokonaisia renkaita käytettäessä ei raja-arvojen ylityksiä ole havaittu.
- Kokonaisina paalattujen renkaiden ympäristövaikutusten täytyy olla vielä selvästi vähäisempiä kuin moninkertaista kumipinta-alaa ja paljastuneita rakenneteräksiä sisältävien rouherakenteiden ympäristövaikutukset.
- Arvostetut amerikkalaiset tai englantilaiset tutkijat eivät ole nähneet mitään esteitä rengasmateriaalin käytölle tie- ja maarakenteissa.

- Rengaspaalirakenne sijoitetaan vanhan pengerrakenteen sisään, jolloin pohjamaan litorinasavi ei joudu missään vaiheessa kosketuksiin ilman hapen kanssa. Tällöin riski mahdolliseen happamoitumisilmiöön on pieni.
- Pohjamaan hyvin heikosti vettä läpäisevä savi estää savikerroksen yläpuolella olevan veden kosketuksen saven alapuolella olevaan pohjaveteen.
- Koska on mahdollista, että rengasrakenteista voi aiheutua vähäistä ympäristökuormitusta, ei rengasrakenteita tarjota pohjavesialueille tehtäviin rakenteisiin.
- Rengaspaalit ovat kuitenkin rakenteina erittäin suositeltavia ja sopivia käytettäväksi ainakin alueilla, joilla ei tapahdu pohjavedenottoa.
- Maantiellä 170 Östersundomissa oleva kohde, johon rengaspaalien käyttöä suunnitellaan, sijaitsee meren rannassa alueella, jolla ei ole merkittävää pohjavesiesiintymää, eikä alueen pohjavettä käytetä.

## Viitteet

- CEN. 2002. Workshop Agreement 14243: Post-consumer tyre materials and applications, final 18.3.2002 sekä liite C.
- Collins Ken. 2003. Your letter [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: martti.eerola@tieliikelaitos.fi. Lähetetty 30.4.2003 14:32 (GTM +0200).
- HR Wallingford Limited. 2003. Tyre re-use in coastal and river engineering. Saatavissa: <http://www.tyresinwater.net/>
- Humphrey & Katz. 2000: Five-year field study of the water quality effects of tire shreds placed above the water table. Transportation Research Board 79<sup>th</sup> annual Meeting January 9-13, 2000. Washington, D.C.
- Humphrey & Katz. 2002. Field study of water quality effects of tire shreds placed below the water table. University of Maine, Orono, USA.
- Humphrey Dana. 2003a. Tire shreds [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: martti.eerola@tieliikelaitos.fi. Lähetetty 23.4.2003 14:53 (GTM +0200). Liitetiedostot: "Humphrey&Katz.pdf", "Types A&B specs 7-13-01.doc".
- Humphrey Dana. 2003b. Another tire shred paper [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: martti.eerola@tieliikelaitos.fi. Lähetetty 23.4.2003 14:55 (GTM +0200). Liitetiedosto: "TRB\_00\_water\_quality.pdf".
- Lassila & Tikanoja. 2003. Saatavissa: <http://www.lassila-tikanoja.fi/>
- Mácsik Josef, Westerberg Bo. 2001. Laboratorieprovning av gummiklipps miljötekniska egenskaper. Luleå tekniska universitet 2001:02.
- Munro Ron. 2003. Principal engineer, The Highland Council. Helsinki, Tieliikelaitos: haastattelu 15.5.2003.
- Mäkelä & Höynälä. 2000. Sivutuotteet ja uusiomateriaalit maarakenteissa; Materiaalit ja käyttöohjeet; TEKES: Teknologia katsaus 91/2000.
- Nokian Renkaat -konserni. 2003. Saatavissa: <http://www.nokiantyres.com/>
- Northern Tyre Recycling Limited. 2003. Technology to treat recycled tyres and turn them into various useful products. Saatavissa: <http://www.northerntyre.co.uk/>
- Repo Anu. 1997. Renkaiden hyödyntäminen tierakenteissa. Tielaitos, Säkkipäiväline 1997.



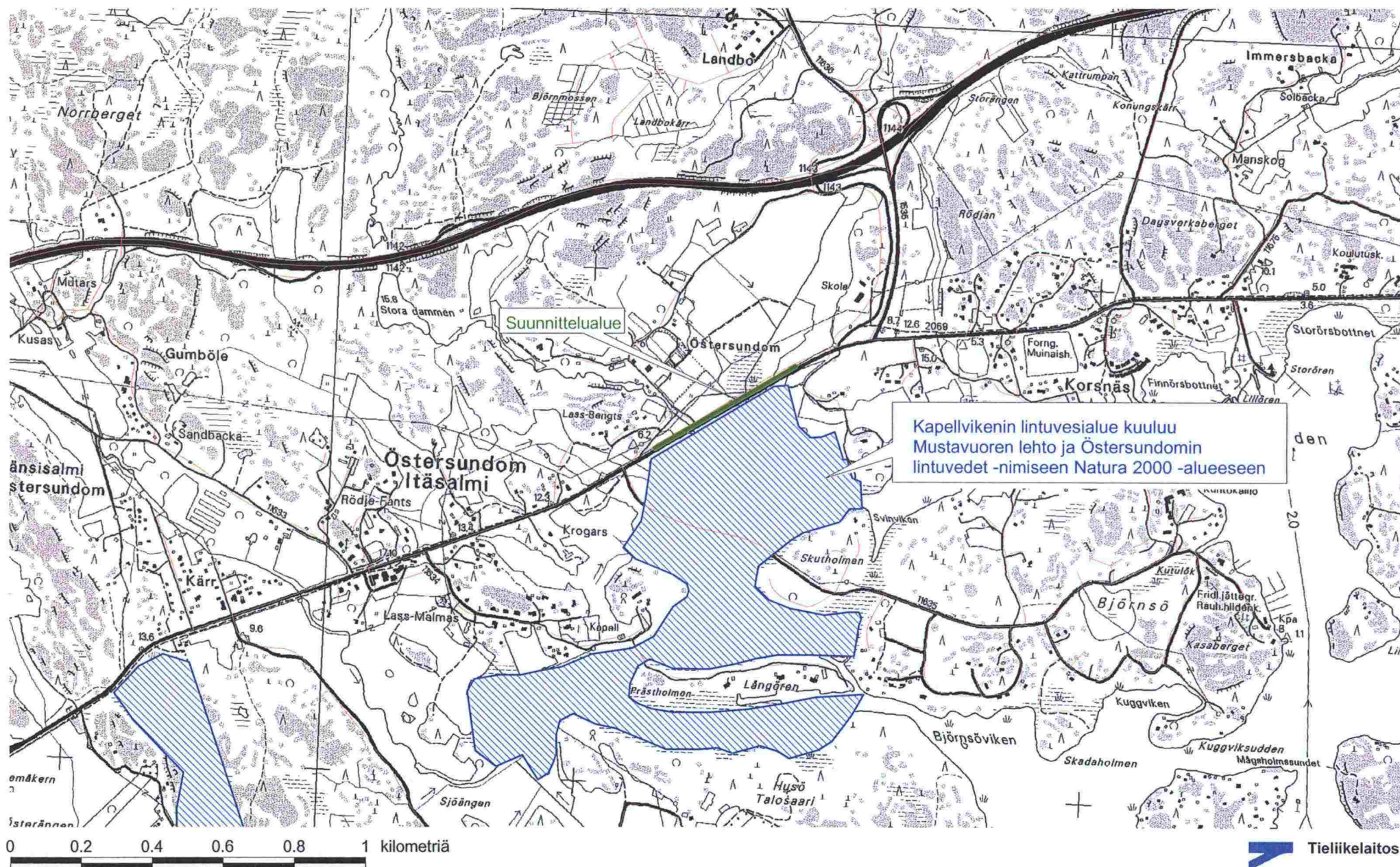
- Scott Dennis. 2003. URRO (used rubber recycling operation) blocks [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: martti.eerola@tieliikelaitos.fi. Lähetetty 16.4.2003 15:28 (GTM +0200). Liitetiedostot: "Uses for Tyre Blocks.doc", "TB Info.doc", "Lightweight Fill.doc", "Creep and Load Data.xls", "Block uses.doc".
- Simm Jonathan. 2003. Sustainable re-use of tyres in coastal and river engineering. Presentation to ETRA conference March 2003.
- Smura Mikko. 2003. Valokuvia rengaspaalauksesta. Iso-Britannia, Skotlanti 5.-6.9.2003.
- Suomen Rengaskierrätys Oy. 2003. Saatavissa: <http://www.rengaskierratys.com/>
- Tiehallinto. 2003. Ilola-Sannainen pt 11863 painuman korjaus rengasrouherakenteella. Raportti vuosien 1997-2002 seurantamittauksista. Tieliikelaitos Oy, Fundus Oy, luonnos 9.4.2003.
- Tieliikelaitos. 2003. Ivar2 -laskentaohjelma (mm. liikenteen päästöt). Laskija Jukka Ristikartano 13.10.2003.
- Tieliikelaitos. 2002. Kehä II meluvallin rengasrouheen ympäristövaikutusten seuranta. Jatkoseurannan raportti tuloksista 2001-2002.
- VNp 1246/1995. Valtioneuvoston päätös käytöstä poistettujen renkaiden hyödyntämisestä ja käsittelystä.
- VTT. 1997. Kumirouhenäytteen ravistelutesti. Tutkimusselostus N:O KET2515/97.
- Ympäristöministeriö. 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Muistio 5/1994.





TIEHALLINTO  
Uudenmaan tiepiiri

# Mt 170 Östersundomin rengaskevennys



NATURA-ALUEKARTTA

